

Sädeluussyndrooman diagnostiikka hevosella

Eläinlääketieteen lisensiaatin tutkielma

ELK Milla Hakala
Helsingin yliopisto
Eläinlääketieteellinen tiedekunta
Kliinisen hevos- ja pieneläinlääketieteen osasto
Helsinki 2018

Tiedekunta - Fakultet – Faculty Eläinlääketieteellinen tiedekunta		Osasto - Avdelning – Department Kliinisen hevos- ja pieneläinlääketieteen osasto	
Tekijä - Författare - Author Milla Hakala			
Työn nimi - Arbetets titel - Title Sädeluusyngrooman diagnostiikka hevosella			
Oppiaine - Läroämne - Subject Eläinlääketieteellinen kliininen diagnostiikka			
Työn laji - Arbetets art - Level Lisensiaatin tutkielma	Aika - Datum - Month and year Huhtikuu 2018	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages 40	
Tiivistelmä - Referat – Abstract <p>Sädeluusyngroomaa pidetään yleisimpänä ratsuhevosten etujalkojen ontuman aiheuttajana. Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on selvittää sädeluun ja sitä ympäröivien rakenteiden muutoksia ja niiden kliinistä merkitystä sädeluusyngroomassa sekä antaa valmiuksia tarkoituksenmukaisen diagnostisen menetelmän valintaan.</p> <p>Sädeluusyngroomassa kipu on peräisin sädeluusta tai sitä ympäröivistä rakenteista. Sädeluusyngroomassa vaurioituneita rakenteita voivat olla sädeluu, syvä koukistajajänne, sädeluun kollateraalligamentit, distaalinen ligamentti, distaalinen annulaarinen ligamentti sekä sädeluun bursa. Sädeluusyngrooman oireita ovat kipu kavion kantaosassa, askeleen lyhentyminen, jäykkyys, haluttomuus hypätä esteitä sekä lievistä vakavaan, vaihteleva, progressiivinen ontuma. Yleensä sädeluusyngroomasta kärsivät hevoset ontuvat molempia etujalkojaan.</p> <p>Sädeluusyngrooma diagnosoidaan yleensä hevosen historian, yleis- ja ontumatutkimuksen, puudutusten sekä röntgenkuvauksen avulla. Muita diagnostisia menetelmiä, kuten magneettikuvantamista, tietokonetomografiaa, skintigrafiaa, ultraäänitutkimusta sekä bursoskopiaa käytetään myös sädeluusyngrooman tunnistamiseen. Tavallisesti matala johtopuudutus, kavionivelen tai sädeluun bursan puudutus poistavat sädeluusyngroomaa sairastavien hevosten ontuman.</p> <p>Röntgentutkimus on tällä hetkellä yksi käytetyimmistä menetelmistä sädeluusyngrooman diagnosoimissa ja sillä voidaan havaita monia luostomuutoksia, kuten distaalireunan synoviaalikanavien lisääntymistä, proksimaalireunan osteofyytien muodostus, sädeluun medullan kystamuodostus ja skleroosi, fleksorikorteksin paksuuntuminen ja eroosiot sekä distaalireunan luufragmenttien muodostuminen. Röntgentutkimuksella ei kuitenkaan saada selville pehmytsarakenteiden kuntoa, ja hevonen voikin sairastaa syngroomaa, vaikkei röntgenlöydöksiä olisi. Magneettikuvantamisella pystytään havaitsemaan luostovaurioiden lisäksi pehmytsavauriot, ja sitä pidetäänkin tällä hetkellä parhaimpana apuvälineenä sädeluusyngrooman diagnostiikassa. Tietokonetomografialla pystytään havaitsemaan röntgentutkimusta tarkemmin ja aikaisemmassa vaiheessa sädeluun luostomuutokset. Ultraäänitutkimusta ei käytetä juurikaan sädeluusyngrooman diagnostiikassa sen epäkäytännöllisyyden vuoksi. Ultraäänitutkimuksella voidaan kuitenkin havaita sädeluun bursan tulehdus sekä syvän koukistajajännteen sekä distaalisen ligamentin mineralisaatio. Skintigrafia on hyvä havaitsemaan varhaisia muutoksia luussa ja tunnistamaan sairauden aikaisessa vaiheessa. Skintigrafiasta uskotaan olevan myös apua, kun ontuman aiheuttajaa ei ole paikallistettu tai röntgenlöydösten kliininen merkitys on epävarma. Bursoskopian uskotaan olevan hyödyllinen, mikäli muutokset ovat sädeluun bursassa.</p> <p>Suomessa tällä hetkellä löytyy ainoastaan yksi hevosten magneettitutkimus- sekä skintigrafialaite. Tietokonetomografialaitetta puolestaan ei ole vielä hevosille saatavilla Suomessa. Röntgenlaite löytyy yleensä kaikilta hevosklinikoilta, joten sitä voidaankin pitää "rutiinimenetelmänä" diagnostiikassa. Vaikka magneettitutkimusta pidetäänkin spesifimpänä diagnostivälineenä, kaikilla hevosten omistajilla ei välttämättä ole halukkuutta viedä hevosta magneettitutkimukseen maantieteellisistä tai taloudellisista syistä johtuen.</p>			
Avainsanat - Nyckelord – Keywords Sädeluusyngrooma, hevonen, katio, sädeluu, ontuma			
Säilytyspaikka - Förvaringställe - Where deposited HELDA – Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto			
Työn johtaja (tiedekunnan professori tai dosentti) ja ohjaaja(t) - Instruktör och ledare - Director and Supervisor(s) Mirja Ruohoniemi ja Kirsi Vainio			

2 SISÄLLYS

3 JOHDANTO	3
4 KAVION KANTAOSAN RAKENNE.....	4
5 ETIOLOGIA JA PATOGENEESI	6
6 ESIINTYMINEN JA ALTISTAVAT TEKIJÄT	8
6.1 Esiintyminen.....	8
6.2 Altistavat tekijät	8
7 OIREET	9
8 DIAGNOSTIIKKA.....	10
8.1 Anamneesi	11
8.2 Yleistutkimus.....	12
8.3 Ontumatutkimus	12
8.4 Taivutuskokeet	13
8.5 Puudutukset	14
8.6 Röntgenkuvaus	16
8.7 Ultraäänitutkimus	22
8.8 Tietokonetomografia	24
8.9 Magneettikuvaus.....	25
8.10 Skintigrafia	30
8.11 Bursoskopia	32
9 POHDINTA	32
10 KIRJALLISUUSLUETTELO	35

3 JOHDANTO

Sädeluussyndrooma on tyypillinen ratsujen sairaus ja sitä pidetäänkin yleisimpänä etujalkojen ontuman aiheuttajana hevosilla. Poneilla puolestaan harvoin esiintyy sädeluussyndroomaa (Ross & Dyson 2010, Waguesback & Hanson 2010).

Sädeluussyndrooma-termiä käytetään ontumasta, jossa kipu on peräisin sädeluusta tai sitä ympäröivistä rakenteista (Widmer ym. 2000, Parkes ym. 2015). Sädeluussyndrooma aiheuttaa yleensä kroonisen, progressiivisen ja vaihtelevan etujalkojen ontuman (Ross & Dyson 2010, Waguesback & Hanson 2010). Yleensä puhutaan sädeluussyndroomasta hevosilla, joilla on bilateraalin etujalkojen ontuma, joka ei pysyvästi parane kengityksellä tai levolla (Butler ym. 2008). Sädeluuntuma on yleensä bilateraalin, mutta voi olla myös unilateraalinen (Ross & Dyson 2010). Sädeluussyndrooma on tunnettu hevosilla jo 1800-luvun alusta lähtien, ja sen jälkeen sille on ehdotettu monia eri syntytapoja. Kuitenkin edelleenkin sädeluussyndrooman patogeneesia ei täysin tunneta (Poulos & Smith 1988, Widmer ym. 2000, Dyson ym. 2006, Sampson ym. 2009, Dyson ym. 2012).

Sädeluussyndroomassa muutoksia voi olla monessa eri rakenteessa, kuten sädeluussa, sädeluun bursassa, syvässä koukistajajänteessä sekä sädeluuta ympäröivissä ligamenteissa (Waguesback & Hanson 2010). Magneettikuvantaminen ja kuoleman jälkeiset tutkimukset ovat osoittaneet, että muutoksia voi olla muissakin rakenteissa kuten sädeluun kollateraalisisissa ligamenteissa, distaalisessa ligamentissa sekä sädeluun bursassa (Ross & Dyson 2010).

Sädeluussyndrooma diagnosoidaan yleensä hevosen historian, yleistutkimuksen, ontumatutkimuksen, puudutusten ja röntgenkuvauksen avulla (Grewal ym. 2004, Waguesback & Hanson 2010). Muita diagnostisia menetelmiä, kuten magneettikuvantamista, tietokonetomografiaa, skintigrafiaa, ultraäänitutkimusta sekä bursoskopiaa käytetään myös sädeluussyndrooman tunnistamiseen (Waguesback & Hanson 2010).

Sädeluussyndrooma aiheuttaa suuria taloudellisia tappioita hevosten omistajille sekä pitkiä lepojaksoja hevosille, ja onkin sen takia hyvä diagnosoida mahdollisimman aikaisessa sairauden vaiheessa, jolloin voidaan valita sopiva terapiamuoto hevoselle ajoissa.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on selvittää sädeluun ja sitä ympäröivien rakenteiden muutoksia ja niiden kliinistä merkitystä sädeluussyndroomassa hevosella. Työssä perehdytään myös sädeluussyndrooman eri diagnosointimenetelmiin. Menetelmät ovat kehittyneet viime vuosina huomattavasti, mutta silti diagnostiikka on vieläkin melko epäspesifistä. Työn tarkoituksena on myös antaa valmiuksia tarkoituksenmukaisen diagnostisen menetelmän valintaan. Sädeluussyndrooman hoitomuotoja tässä kirjallisuuskatsauksessa ei käsitellä.

4 KAVION KANTAOSAN RAKENNE

Sädeluussyndroomaan yhdistettyjä rakenteita ovat sädeluu, sädeluun kollateraaliligamentit, distaalinen ligamentti, sädeluun bursa, syvä koukistajajänne sekä distaalinen annulaarinen ligamentti (Ross & Dyson 2010).

Sädeluu sijaitsee kavionivelen takana ja se on veneenmuotoinen (Waguesback & Hanson 2010). Sädeluun proksimaalireuna voi olla suora, aaltoileva, kovera tai kupera (Dik & Broek 1995). Sädeluun proksimaalireuna on yleensä kuitenkin suora ja distaalireuna on kupera (Dyce ym. 2010). Sädeluu niveltyy ruunu- sekä kavioluuhun (Dyce ym. 2010, Ross & Dyson 2010). Sädeluun dorsaalireuna niveltyy ruunuluun distaaliosaan ja sädeluun distaalireuna niveltyy kavioluuhun (Dyce ym. 2010). Sädeluun nivelpinnat ovat yhtenäisiä ja niitä peittää nivelrusto (Poulos 1989).

Sädeluun bursa on nesteentäyteinen synoviaalirakenne sädeluun ja syvän koukistajajänteen välissä (König & Liebich 2009, Scandella ym. 2010). Sädeluun bursa jatkuu sädeluun proksimaali-, distaali- sekä lateraalireunojen yli (König & Liebich 2009). Sädeluun bursa vähentää kitkaa syvän koukistajajänteen ja sädeluun välillä (Dyce ym. 2010). Sädeluun bursa ja kavionivel ovat läheisiä synoviaalirakenteita, mutta niillä ei ole suoraa yhteyttä toisiinsa (Gibson ym. 1990).

Syvä koukistajalihas muuttuu raajan alaosiin mentäessä syväksi koukistajajänteeksi. Syvä koukistajajänne kulkee jalan takapinnalla ja kiinnittyy kavioluun fleksoripinnalle (König & Liebich 2009). Syvä koukistajajänne stabiloi kavioniveltä (Dyson ym. 2006).

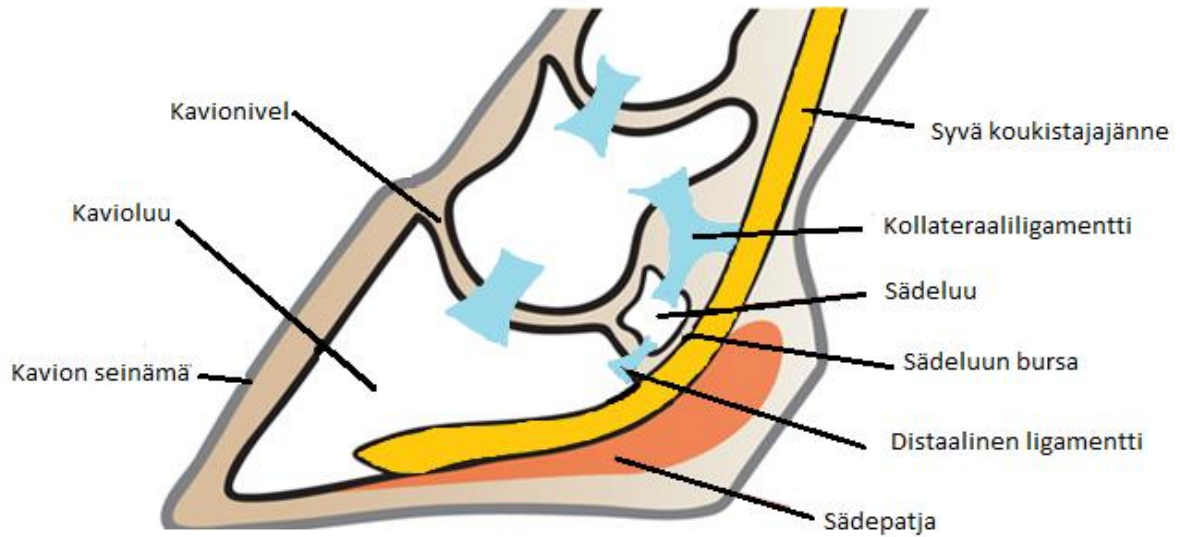
Sädeluuta tukee kolme ligamenttia (Ross & Dyson 2010). Sädeluun kollateraalliligamentit lähtevät ruunuluun proksimaaliosasta molemmin puolin ja kiinnittyvät sädeluun proksimaaliosan lateraali- ja mediaalikulmiin (Kristoffersen & Thoenes 2003, Waguesback & Hanson 2010, Dyce ym. 2010). Todella lyhyt ja leveä distaalinen ligamentti kiinnittyy sädeluun distaaliosaan sekä insertoituu kavioluuhun (Dyce ym. 2010, Dyson ym. 2010). Distaalinen ligamentti tukee sädeluuta ja kavioniveltä askeleen lopussa (Dyson ym 2010).

Annulaariligamentteja on yhteensä kolme ja ne pitävät koukistajajänteitä paikoillaan. Distaalinen annulaarinen ligamentti lähtee vuohisluun lateraali- sekä mediaalipuolelta ja kiinnittyy kavioluuhun (Dyce ym. 2010). Distaalinen annulaarinen ligamentti peittää syvän koukistajajänteen insertiokohdan sekä erottaa syvän koukistajajänteen sädepatjasta (König & Liebich 2009). Distaalinen annulaarinen ligamentti myös stabiloi kavioniveltä (Dyson ym. 2006). Palmaarinen annulaarinen ligamentti lähtee vuohisen nujuluusta mediaali- ja lateraalipuolelta ja yhdistyy proksimaaliseen annulaariligamenttiin. Proksimaalinen annulaariligamentti on ristinmuotoinen ja se lähtee vuohisluun mediaali- ja lateraaliosista ja kiinnittyy vuohisluun distaaliosaan (König & Liebich 2009). Annulaariligamenteista ainoastaan distaalisen annulaariligamentin vauriot on yhdistetty sädeluussyndroomaan (Ross & Dyson 2010).

Sädeluun distaalireunalla, distaalisen ligamentin ja nivelpinnan välissä, on synoviaalikanavia, joita aikaisemmin kutsuttiin ”verisuonikanaviksi”, sillä verisuonten ajateltiin kulkevan niissä (Poulos & Smith 1988). Valtimot tulevat sädeluuhun distaalisesti ja proksimaalisesti, ja ne kulkevat distaalista ligamenttia pitkin synoviaalikanavien takaa, eivätkä siis mene synoviaalikanaviin (Poulos & Smith 1988, Poulos 1989).

Synoviaalikanavat ovat yhteydessä kavioniveleen mutta eivät sädeluun bursaan. Uusi tutkimus kyseenalaistaa aiemman väitteen, että synoviaalikanavien muutokset olisivat yhteydessä primääriin sädeluun patologiaan. Tämän mukaan muuttuneet synoviaalikanavat olisivat yhteydessä pikemminkin kavionivelen nivelrikkoon tai tulehdukseen kuin sädeluussyndroomaan (Olive & Videau 2017).

Kuvassa 1 on kuvattu sädeluu ja sitä ympäröiviä rakenteita.



KUVA 1. Sädeluu ja sitä ympäröivät rakenteet pelkistettynä kaavakuvana.

5 ETIOLOGIA JA PATOGENEESI

Sädeluussyndrooman patogeneesia eli syntymekanismeja ei vielä täysin tunneta eikä sitä ole aiheutettu hevosille kokeellisesti (Widmer ym. 2000, Dyson ym. 2006, Sampson ym. 2009). Kuitenkin tiedetään, että sädeluussyndroomasta kärsivien hevosten sädeluissa tapahtuu laajaa muokkautumista (Bentley ym. 2007). Erityisesti sädeluun muoto vaikuttaa patogeneesiin. Mikäli sädeluun proksimaalireuna on kovera tai aaltoileva, sädeluussa on todettu enemmän radiologisia muutoksia kuin sädeluussa, jonka proksimaalireuna on suora tai kupera (Dik & Broek 1995). Hevosen iällä ei ole kuitenkaan havaittu olevan yhteyttä sädeluun muotoon tai radiologisiin muutoksiin sädeluussa. Kuitenkin sädeluussyndroomaa sairastavista hevosista iäkkäämmillä muutokset sädeluussa ovat olleet vakavampia kuin nuoremmilla hevosilla. Tämän epäillään johtuvan suuremmasta sädeluun kuormituksesta vuosien kuluessa (Dik ym. 2001).

Vaskulaarisen teorian mukaan sädeluun degeneraatio eli muokkautuminen johtuu sädeluuhun menevien valtimoiden tukkeutumisesta, joka aiheuttaa sädeluuhun iskemiaa eli

hapenpuutetta, ja näin ollen sädeluun muokkautumista (Colles & Hickman 1977). Toisaalta terveiltäkin hevosilta on havaittu digitaalisten valtimoiden tukkeutumista, mutta vähemmissä määrin (Fricker ym. 1982).

Biomekaanisen teorian mukaan huonon jalkarakenteen omaavilla hevosilla pitkäkestoinen syvän koukistajajänteen paine sädeluuta vasten aiheuttaa sädeluun uudismuodostumista johtaen sädeluun muokkautumiseen (Pool ym. 1989). Askeleen työntövaiheessa suurin voima kohdistuu syvään koukistajajänteeseen sekä sädeluuhun. Tällöin kavionivelen väli laajenee, ja tämä lisää syvän koukistajan kohdistamaa painetta sädeluuhun, sekä säde- ja ruunuluun kontaktia (Ross & Dyson 2010). Hevosilla, joilla on huono kaviorakenne, kuten matalat kannat, kavionivel ojentuu enemmän, mikä johtaa suurentuneeseen paineeseen sädeluun distaaliosassa (Dyson ym. 2006). Sädeluusyndroomasta kärsivillä hevosilla sädeluuhun kohdistuva puristusvoima ja stressi kohdistuvat aikaisemmin askeleen aikana. Tämä johtaa suurempaan sädeluun kuormitukseen (Ross & Dyson 2010). Syvään koukistajajänteeseen kohdistuva paine altistaa kiinnikkeiden muodostumiseen syvän koukistajan ja sädeluun välille. Yksimielisyyteen ei ole kuitenkaan päästy siitä, ovatko koukistajajänteen leesiot primäärejä vai sekundäärejä. Kuoleman jälkeisten tutkimusten mukaan degeneratiivisia verisuoni- ja matrixmuutoksia on syvän koukistajajänteen alaosissa sekä ontuvilla että oireettomilla hevosilla, mutta sädeluusyndroomasta kärsivillä hevosilla muutokset ovat vakavammat (Dyson ym. 2006, Ross & Dyson 2010).

Sädeluusyndroomalla ja osteoartriitilla eli nivelrikolla on myös samankaltaisia piirteitä. Sädeluuhun muodostuu samankaltaisia degeneratiivisia muutoksia hevosen ikääntyessä kuin niveliin. Eri yksilöillä on kuitenkin todettu olevan erilainen herkkyyys näille sädeluun degeneratiivisille muutoksille (Wright ym. 1998, Dyson ym. 2006). Blundenin ym. tutkimuksessa (2006) ei kuitenkaan todettu ikään liittyviä histologisia eroja sädeluussa ja sitä ympäröivissä rakenteissa.

Sädeluusyndroomassa patologisia muutoksia voi siis syntyä nivelrustossa sekä subkondraalisessa eli rustonalaisessa luussa, josta muutokset etenevät sädeluun keskiosiin. Muutokset voivat rajoittua myös pelkästään sädeluun keskiosiin (Dyson ym. 2012).

Monet näistä teorioista perustuvat kuoleman jälkeisiin tutkimuksiin kroonisesti ontuvilla

(yleensä yli 2kk) sädeluussyndroomasta kärsivillä hevosilla. Akuutisti ontuvia hevosia ei ole juurikaan tutkittu, joten yksittäistä syytä mistä muutokset saavat alkunsa, ei tarkalleen tiedetä (Pool ym. 1989, Wright ym. 1998, Dyson ym. 2012).

6 ESIINTYMINEN JA ALTISTAVAT TEKIJÄT

6.1 Esiintyminen

Sädeluussyndrooma on tavallinen sairaus Quarter-hevosilla, eurooppalaisilla puoliverisillä sekä täysiverisillä hevosilla (Dyson ym. 2006, Ross & Dyson 2010). Suomenhevosilla, arabeilla ja friisiläisillä puolestaan sairaus on harvinaisempi (Ruohoniemi ym. 1998, Ross & Dyson 2010). Sädeluussyndroomaan sairastuminen on perinnöllistä tanskalaisilla puoliverisillä sekä hannoverilaisilla hevosilla (Diesterbeck ym. 2007, Lopes ym. 2010). Hannoverilaisilla hevosilla sädeluussyndrooman radiologiset muutokset ovat yhteydessä tiettyyn geenilokukseen. Esimerkiksi synoviaalikanavien muodostuminen sädeluuhun on yhdistetty kromosomiin 10. Tutkimuksissa on myös löydetty kaksi mahdollista geeniä (IRF3 ja VSTM1), jotka voisivat olla yhteydessä sädeluussyndrooman syntyyn (Diesterbeck ym. 2007, Lopes ym. 2010). Tämä kuitenkin vaatii vielä lisää tutkimusta.

6.2 Altistavat tekijät

Sädeluussyndroomalle altistava tekijä on huono jalan rakenne, erityisesti kapeat, pystyt kaviot. Quarter-hevosille on tyypillisistä pienet kaviot suhteessa kokoonsa, sekä kapeat ja pystyt kaviot. Puoliverisillä hevosilla on yleensä pitkät, kapeat kaviot, jotka ovat myös alttiita sädeluussyndrooman kehitykselle. Täysiverisillä hevosilla puolestaan on usein litteät kaviot, joissa on matalat kannat (Dyson ym. 2006). Huonoa kaviotasapainoa pidetään altistavana tekijänä sädeluussyndrooman synnyssä. Monilla sädeluussyndroomaa sairastavista hevosista on medio-lateraalin kaviopäätasapaino. Lisäksi sädeluussyndroomaa sairastavilla hevosilla voi olla taittunut varvasakseli, joko eteen- tai taaksepäin (Wright 1993a). Wrightin tutkimuksessa (1993a) 75%:lla sädeluussyndroomaa sairastavista hevosista oli taittunut varvasakseli.

Sädeluun muotoa pidetään myös altistavana tekijänä sädeluussyndrooman synnylle, sillä se

saattaa vaikuttaa sädeluuhun kohdistuviin biomekaanisiin voimiin (Dik & Broek 1995). Suomenhevosten ja friisiläisten sädeluun proksimaalireuna on yleensä suora tai kupera, ja kyseisillä roduilla harvoin esiintyykin sädeluusyndroomaa (Ruohoniemi ym. 1998, Ross & Dyson 2010). Puolestaan hollantilaisilla puoliverisillä, joilla esiintyy tavallisemmin sädeluusyndroomaa, sädeluun proksimaalireunan muoto on yleensä kovera tai aaltoileva (Dik & Broek 1995). Sädeluun muodon on todettu periytyvän oriilta jälkeläisille (Dik & Broek 1995). Sädeluun proksimaalireunan ollessa kovera tai aaltoileva, tämä altistaa sädeluun radiologisille muutoksille ja sädeluusyndrooman synnylle. Sädeluun proksimaalireunan ollessa kovera, sädeluussa on todettu olevan eniten muutoksia (Dik & Broek 1995).

Bentleyn ym. (2007) mukaan metallikenkien käyttöä voidaan pitää mahdollisena altistavana tekijänä sädeluusyndrooman synnylle, sillä se lisää sädeluun mikroaurioiden määrää. Vanhemmilla hevosilla, joilla on käytetty metallikenkiä, ja jotka sairastavat sädeluusyndroomaa, on todettu histopatologisessa tutkimuksessa enemmän mikroaurioita sädeluussa kuin kengättömillä poneilla, jotka eivät sairasta syndroomaa. Kuitenkin tämä vaatii vielä lisää tutkimusta (Bentley ym. 2007).

7 OIREET

Sädeluusyndrooman oireita ovat kipu kavion kantaosassa, askeleen lyhentyminen, jäykkyys, haluttomuus hypätä esteitä sekä lievästä vakavaan vaihteleva, krooninen uni- tai bilateraalin ontuma (Widmer ym. 2000, Ross & Dyson 2010). Yleensä ontuvilla hevosilla havaitaan lisäksi lihasepäsymmetriaa jaloissa sekä lihasten surkastumista (Wright 1993a). Wrightin tutkimuksessa (1993a) hevoset, joilla oli lihasepäsymmetriaa jaloissa, olivat ontuneet keskimääräisesti kauemmin kuin ne, joilla oli symmetriset lihakset. Tätä voidaan pitää merkinä sairauden kroonistumisesta.

Wrightin tutkimuksessa (1993a) 118 sädeluusyndroomaa sairastavasta hevosesta 78% ontui molempia jalkoja, ontuman aste oli lievästä kohtalaiseen, ja ontuma oli keskimäärin kestänyt 13kk, ja yli puolella ontuvista hevosista havaittiin askeleen lyhentymistä.

Ontuma voi myös olla vaihteleva eli hevonen ontuu välillä toista etujalkaa ja välillä toista. Tavallisesti ontuma pahenee liikuttaessa hevosta kovalla alustalla. Monet sädeluussyndroomaa sairastavat hevoset seisovat levossa toinen etujalka eteen ojennettuna ja vaihtelevat eteen ojennettua jalkaa aika ajoin, tästä asennosta käytetään nimitystä ”pointing” (Ross & Dyson 2010). Wrightin tutkimuksessa (1993a) yli puolet sädeluussyndroomaa kärsivistä hevosista nähtiin tässä ”pointing”-asennossa.

Ontuma puhkeaa tavallisimmin 7-9 vuoden iässä, vaikkakin myös nuoremmilla (3-4 –vuotiailla) hevosilla tavataan jo oireita (Ross & Dyson 2010). Wrightin tutkimuksessa (1993a) sädeluussyndroomaa sairastavien hevosten keski-ikä oli noin 9 vuotta.

Jotkut sädeluussyndroomasta kärsivät hevoset astuvat kavion kärki edellä maahan eli välttävät astumista kavion kannalla maahan (Dyson ym. 2006). Wrightin tutkimuksessa (1993a) 42% hevosista astui kavion kärki edellä maahan. Tämän on ajateltu johtuvan positiivisesta feedbackista, jolloin syvän koukistajan lihas supistuu ja syvään koukistajajänteeseen kohdistuu suurempi voima, jolloin vältetään kavion kannan osumista maahan ensimmäisenä (Dyson ym. 2006).

Edelleen tunnetaan huonosti tekijöitä, jotka aiheuttavat kipua sädeluuhun ja ontumaa. Todennäköisesti patologiset muutokset sädeluussa ja sitä ympäröivissä rakenteissa edeltävät oireiden puhkeamista. Joillakin hevosilla lepojakso laukaisee oireet (Dyson ym. 2006). Kipu on yhdistetty moniin eri sädeluuta ympäröivien rakenteiden muutoksiin, ja nämä muutokset voivat syntyä samanaikaisesti (Murray ym. 2006). Akuutti ontuma on melko epätavallinen sädeluussyndroomassa (Ross & Dyson 2010). Kuitenkin esimerkiksi Parkesin ym. tutkimuksessa (2015) ontuma alkoi äkillisesti 30,5-36,5%:lla tutkituista hevosista. Sädeluussyndroomaa sairastavien hevosten etujalkojen sädeluussa ja sitä ympäröivien rakenteiden patologiassa ei ole havaittu suurta eroa, ontuivatpa ne uni- tai bilateraalisesti (Dyson & Murray 2007a).

8 DIAGNOSTIIKKA

Sädeluussyndrooman diagnoosiin päästään yleensä hevosen historian, yleis- ja

ontumatutkimuksen sekä puudutusten avulla (Grewal ym. 2004, Waguesback & Hanson 2010). Kuvantamismenetelmiä, kuten röntgenkuvausta, ultraäänitutkimusta, tietokonetomografiaa (*Computed Tomography*, CT) sekä magneettikuvantamista (*Magnetic Resonance Imaging*, MRI) käytetään tarkempien patologisten muutosten diagnosointiin (Waguesback & Hanson 2010).

Sädeluussyndroomassa ei aina ole radiologisia muutoksia sädeluussa (Grewal ym. 2004, Waguesback & Hanson 2010). Tämän takia CT ja MRI ovat tärkeitä työvälineitä sädeluussyndrooman diagnostiikassa (Waguesback & Hanson 2010). CT:tä ja MRI:tä käyttämällä päästään tarkempaan ja nopeammin diagnoosiin verrattuna perinteiseen röntgentutkimukseen. Tämän johdosta hevosen hoito voidaan aloittaa nopeammin ja näin pystytään hidastamaan muutosten kehitystä oikealla hoidolla (Widmer ym. 2000).

Bursoskopia antaa tärkeää tietoa sädeluusta ja sitä ympäröivistä rakenteista, mutta invasiivisen tekniikan takia bursoskopiaan liittyy aina sepsiksen riski (Grewal ym. 2004). Skintigrafiaa pidetään myös hyödyllisenä apuvälineenä sädeluussyndrooman diagnostiikassa, mutta se antaa usein vääriä positiivisia ja vääriä negatiivisia tuloksia (Widmer ym. 2000, Dyson & Murray 2007b).

Ontuvaa hevosta tutkiessa on tärkeää pystyä selvittämään minkä rakenteiden vaurioituminen ja millaiset vauriot aiheuttavat kipua kavion kantaosissa ja mitkä puolestaan eivät (Murray ym. 2006).

8.1 Anamneesi

Sädeluussyndrooma on tyypillinen keski-ikäisten ratsujen etujalkojen sairaus. Sitä esiintyy harvoin takajaloissa, ja poneilla syndroomaa ei ole tavattu juurikaan (Ross & Dyson 2010). Wrightin tutkimuksessa (1993a) sädeluussyndroomaa sairastavista hevosista 31% oli ratsastuskouluhevosia, 16% kenttähevosia, 16% estehevosia, 4% kouluratsastushevosia, 3% ravihevosia ja alle 1% siitoshevosia. Suurin osa hevosista oli harrastehevosia eikä korkealla tasolla kilpailevia hevosia. Tämän ajateltiin johtuvan siitä, että hevosen kyvykkyys on heikompi oireettomien muutosten tai jalan rakenteen takia, jolloin ne eivät kilpaile korkealla tasolla (Wright 1993a). Tyypillisiä sädeluussyndrooman oireita hevosella ovat suorituskyvyn lasku, haluttomuus hypätä esteitä, jäykkyys, askeleen lyhentyminen sekä

ajoittainen, vaihteleva etujalkojen bilateraalin ontuma. Kovalla alustalla ontuma on tavallisesti voimakkaampi. Yleensä ontuma puhkeaa lepojaksen tai jonkin muutoksen jälkeen, kuten omistajan vaihtuessa, treenimuotojen vaihtuessa tai kengityksen muuttuessa (Ross & Dyson 2010).

8.2 Yleistutkimus

Hevoselle suoritetaan aina ensin kliininen yleistutkimus, jonka lisäksi arvioidaan jalan asento, tunnustellaan digitaalipulssi, taivutetaan kavioniveltä ja syvää koukistajajännettä sekä palpoidaan mahdolliset turvotukset ja aristukset jaloissa (Parkes ym. 2015).

Yleistutkimuksessa ontuman lisäksi voidaan joskus havaita hevosen seisovan ”pointing”-asennossa. Syvän koukistajajännteen primäärissä vauriossa hevonen voi olla myös tässä samassa asennossa (Ross & Dyson 2010). Parkesin ym. tutkimuksessa (2015) 94%:n hevosen asento oli seistessä normaali. Hevosista, joilla oli primäärit muutokset sädeluussa 7% seiso epänormaalissa asennossa. Puolestaan hevosta, joilla muutoksia oli kollateraali- sekä distaaliligamenteissa 11% seiso epänormalisti. Syvän koukistajajännteen vaurioissa 10% :lla hevosta oli epänormaali asento seistessä. Hevosilla, joilla oli useammassa sädeluuta ympäröivässä rakenteessa sekä sädeluussa vaurioita seiso epänormalisti 10%.

Yleensä sädeluussyndroomasta kärsivällä hevosella on joko kapeat, pystyt kaviot tai matalat, alle kasvaneet kaviot, jolloin hevosella on huono kaviotasapaino. Joskus kaviot voivat olla epäsymmetriset, jolloin ontuvan jalan kavio on pysty ja kapea. Sädeluussyndroomahevosilla voi olla myös voimistunut digitaalipulssi, mutta sitä pidetään melko harvinaisena löydöksenä (Ross & Dyson 2010, Parkes ym. 2015). Lähes kaikilla sädeluussyndroomasta kärsivillä hevosilla on jonkinasteinen kavionivelen täyttyminen, mutta yleensä muita palpaatiolöydöksiä ei ole (Murray ym. 2006, Ross & Dyson 2010).

8.3 Ontumatutkimus

Ontumatutkimuksessa hevosta kävelytetään sekä juoksetetaan suoralla uralla, ympyrällä, kovalla sekä pehmeällä alustalla (Parkes ym. 2015). Ontuman aste voi vaihdella jopa päivittäin (Ross & Dyson 2010, Parkes ym. 2015). Hevonen saattaa myös kompastella

paljon (Ross & Dyson 2010). Ontuman asteeseen vaikuttavat monet eri tekijät, kuten muutosten patologia ja vakavuus, viimeaikainen liikutushistoria, alustojen kovuus, jolla hevonen tutkitaan, ympyröiden halkaisija sekä ontuma-asteikon tarkkuus sekä yhtenäisyys (Parkes ym. 2015).

Ontuma on yleensä voimakkainta kovalla alustalla ympyrällä, ja sädeluussyndroomaa sairastavat hevoset ontuvat ympyrällä yleensä sisäjalkaa. Mahdollista on kuitenkin myös se, että kipeä jalka on ulkojalkana (Ross & Dyson 2010, Parkes ym. 2015). Ontuma pahenee yleensä lähes kaikilla sädeluussyndroomasta kärsivillä hevosilla ympyrällä juoksutettaessa (Wright 1993a, Parkes ym. 2015). Suurin osa sädeluussyndroomaa kärsivistä hevosista myös ontuu kovalla alustalla enemmän kuin pehmeällä alustalla. Ontuman asteeseen vaikuttaa enemmän alustan kovuus kuin ympyrällä tai suoralla juoksutus (Parkes ym. 2015). Joskus ontuma voi olla niin lievä, että se näkyy ainoastaan ratsastuksessa jäykkyytenä tai rajoitettuina liikeratoina. Tällöin olisi syytä tarkastella hevosta myös ratsastettuna (Ross & Dyson 2010).

Hevoset, joilla on useammassa sädeluuta ympäröivässä rakenteessa vaurioita tai vaurio ainoastaan syvässä koukistajajänteessä, ontuvat todennäköisemmin vain toista jalkaa (Parkes ym. 2015). Hevoset, joilla vaurio on syvässä koukistajajänteessä, näyttävät kivun todennäköisimmin käynnissä tehdessään käännöksen. Bilateraalin askleen lyhentyminen voi viitata bilateraaliin ontumaan (Parkes ym. 2015).

8.4 Taivutuskokeet

Taivutuskokeet tehdään osana ontumatutkimusta. Taivutuskokeissa ontuma saadaan esille tai ontumaa saadaan lisättyä taivuttamalla niveliä yksi nivel kerrallaan. Sopivana aikana yhden nivelen taivutukselle pidetään noin 45 sekunnista yhteen minuuttiin. Taivutuksen jälkeen hevosta juoksutetaan välittömästi ravissa suoralla linjalla kovalla alustalla ja arvioidaan ontuma. Tulosta voidaan pitää positiivisena, mikäli hevonen ontuu enemmän kuin 3-5 askelta taivutuksen jälkeen. Terveet hevoset usein reagoivat lievästi taivutukseen ja saattavat ontua muutaman askleen taivutuksen jälkeen, jolloin on syytä verrata tulosta toiseen jalkaan. Taivutuskokeiden tavoitteena on paikallistaa kipu tiettyyn kohtaan jalassa (Ross & Dyson 2010).

Monet sädeluussyndroomaa sairastavat hevoset reagoivat lievästi ja ohimenevästi alaraajan taivutukseen. Raajan alaosan taivutuksessa kavion kärjestä kiinni pitämällä koukistetaan sekä kavio- että vuohisniveitä. Taivutuksessa niveliin ja pehmytkudoksiin kohdistuu painetta, jolloin nivelen- ja luunsisäinen paine kasvaa. Raajan alaosan taivutuksessa paine kohdistuu kaikkiin pehmytkudoksiin ja luustorakenteisiin alaraajan palmaripuoletta (Ross & Dyson 2010). Wrightin tutkimuksessa (1993a) yli 60%:lla sädeluussyndroomaa sairastavista hevosista alaraajan taivutus pahensi ontumaa. Joskus hevonen saattaa reagoida taivutuksessa ei-ontuvan jalan taivutukseen, sillä jalalle kohdistuu suurempi kuorma verrattuna kipeään jalkaan (Ross & Dyson 2010).

Wedge-testi on kaviotesti, jolla voidaan saada aikaan ontuma sädeluussyndroomaa sairastavilla hevosilla. Testissä kavion etuosan alle asetetaan puinen levy, joka nostaa varvasosaa ja aiheuttaa paineen sädeluun ja syvän koukistajajänteen välille. Positiivinen tulos varmistetaan analgeettisilla puudutuksilla (Ross & Dyson 2010). Wrightin tutkimuksessa (1993a) 40%:lla sädeluussyndroomaa sairastavista hevosista oli positiivinen vaste wedge-testiin eli wedge-testistä voidaan katsoa olevan hyötyä sädeluussyndrooman diagnostiikassa.

Mikäli hevosen kaviotasapaino on huono tai hevonen on kengitetty huonosti, niin aluksi suositellaan uutta kengitystä ja tämän jälkeen ontuma arvioidaan uudelleen (Ross & Dyson 2010).

8.5 Puudutukset

Puudutukset ovat osa ontumatutkimusta ja niillä saadaan kipu paikallistettua taivutuskokeita tarkemmin. Puudutukset aloitetaan distaalisesti ja edetään kohti jalan yläosia proksimaalisesti (Ross & Dyson 2010).

Sädeluussyndrooma pystytään varmistamaan matalalla johtopuudutuksella, jolloin kavion kantaosat puutuvat ja ontuminen katoaa. Matala johtopuudutus tehdään kaviorustojen yläpuolelle ihon alle sekä mediaali- että lateraalipuolelle. Palmarinen digitaalinen hermo palpoidaan proksimaalisten nuijuiden ja kaviorustojen välistä. Ennen puudutteen pistämistä iho puhdistetaan alkoholilla. Puudutteena tavallisesti käytetään mepivakaiinihydrokloridia 1,5-2ml molemmille puolille; myös lidokaiinia voi käyttää

puudutteena. Puudute voidaan pistää joko hevosen seistessä normaalisti tai puudutettavaa jalkaa pidetään ylhäällä maasta. Neulana käytetään 25G:n neulaa. Aina kuitenkin matalalla johtopuudutuksella ei ole vastetta, tai ontuminen lievittyy vain hiukan muttei täysin katoa (Ross & Dyson 2010). Yksi syy tähän voi olla se, että tulehtuneissa kudoksissa on happamampi ympäristö ja happamassa ympäristössä puudute ei vaikuta yhtä tehokkaasti (Bidwell ym. 2004). Tutkimuksissa noin puolelta tutkittavista sädeluussyndroomaa sairastavista hevosista ontuma katosi kokonaan matalalla johtopuudutuksella ja yli 70%:lla ontuma parani matalalla nelipistepuudutuksella (Wright 1993a, Parkes ym. 2015). Matalassa nelipistepuudutuksessa puudute injisoidaan nahan alle sääriluun puoliväliin (Dyson 2010). Puudutuksen jälkeen hevosta juoksetetaan ympyrällä sekä suoralla linjalla ja arvioidaan onko hevosen ontuma hävinnyt (Ross & Dyson 2010).

Bidwellin ym. tutkimuksessa (2004) verrattiin voimia, jotka kohdistuivat etujalkoihin unilateraalisesti ontuvilla sädeluussyndroomasta kärsivillä hevosilla ennen puudutusta ja puudutusten jälkeen. Puudutteena käytettiin 2%:sta mepivakaiinihydrokloridia 1,5ml. Molempiin etujalkoihin kohdistuvat voimat mitattiin ennen puudutusta, 15 minuuttia, 1 tunti, 2 tuntia sekä 24 tuntia puudutusten jälkeen. Puudutustekniikkana käytettiin matalaa johtopuudutusta. Tuloksena huomattiin, että 15 minuuttia sekä 1 tunti puudutuksen jälkeen puudutteen teho oli vielä täydellinen eli molempiin etujalkoihin kohdistuivat yhtäsuuret voimat. Kahden tunnin jälkeen puudutteen teho oli hieman heikentynyt, ja kipeään jalkaan kohdistuva voima oli hieman pienempi kuin 15 minuuttia ja 1 tunti puudutuksen jälkeen. 24 tuntia puudutuksen jälkeen oli palattu lähtötilanteeseen eli voimat olivat samansuuruiset kuin ennen puudutuksia, joka tarkoittaa puudutustehon hävinneen kokonaan. Tästä voimme päätellä, että paras puudutusteho ilmenee 15 minuutista 1 tuntiin puudutuksen jälkeen (Bidwell ym. 2004).

Kavionivelen puudutus vähentää kipua myös sädeluun alueella, ja poistaa suurimman osan sädeluussyndroomahevosten ontumista. Kavionivelen puudutukseen käytetään 4-6ml mepivakaiinihydrokloridia (Ross & Dyson 2010). Ross & Dysonin (2010) mukaan 20% sädeluussyndroomahevosten ontumista ei katoa kavionivelen puudutuksella. Wrightin tutkimuksessa (1993a) jopa 91%:lla ontuvista sädeluussyndroomaa kärsivistä hevosista ontuma kuitenkin katosi kavionivelen puudutuksella.

Sädeluun bursan puudutukseen käytetään 3-4ml mepivakaiinihydrokloridia, ja puudutus poistaa sädeluun, sädeluun bursan ja syvän koukistajajänteen aiheuttaman kivun.

Puudutteen annetaan vaikuttaa 5 minuuttia (Ross & Dyson 2010). Suurimmalla osalla sädeluussyndroomaa kärsivistä hevosista ontuma katoaa sädeluun bursan puudutuksella ja yleensä vaste havaitaan noin 5 minuuttia puudutuksen jälkeen (Wright 1993a).

Jos hevosen ontuma ei katoa kavionivelen ja sädeluun bursan puudutuksella, on hyvin harvinaista, että hevosella olisi sädeluussyndrooma (Ross & Dyson 2010).

8.6 Röntgenkuvaus

Perinteisessä röntgenkuvauksessa saadaan kaksiulotteinen kuva, kun röntgensäteet menevät kuvattavan kohteen läpi kohtisuorasti. Kohde absorboi osan röntgensäteistä, ja osa säteistä päätyy kuvalevyille muodostaen kuvan (Fio & Koblik 1995). Luut näkyvät röntgenkuvissa röntgentiiviinä eli valkoisina, pehmytkudokset harmaan eri sävyinä ja kaasu röntgenharvana eli mustana (Dennis 1996).

Röntgenkuvausta käytetään sädeluussyndrooman diagnostiikassa tukemaan diagnoosia, mutta röntgenlöydökset korreloivat kuitenkin melko huonosti kliinisten löydösten sekä sädeluun patologian kanssa (Widmer ym. 2000, Ross & Dyson 2010, Parkes ym. 2015). Röntgenkuvauksella monia tärkeitä muutoksia voi jäädä havaitsematta. Tärkeitä muutoksia kuten kystia, murtumia ja suurentuneita synoviaalikanavia ei välttämättä havaita. Sädeluun on muodoltaan hankala röntgenkuvausta ajatellen. Röntgenkuvauksella ei saada myöskään tietoa sädeluualueen pehmytosarakenteiden kunnosta. Tämän takia hevonen voi sairastaa sädeluussyndroomaa vaikka röntgenkuvat ovat täysin normaalit (Widmer ym. 2000). Röntgenkuvissa voidaan myös nähdä pelkästään unilateraalisia muutoksia, vaikka hevonen ontuisi molempia etujalkojaan ja päinvastoin (Butler ym. 2008).

Sädeluussyndrooman diagnosoinnissa pelkkien radiologisten muutosten perusteella täytyy olla varovainen, vaikka röntgenkuvissa näkyisi sädeluussyndroomaan viittaavia löydöksiä, hevonen ei välttämättä ole kliinisesti sairas eikä sillä ole sädeluussyndroomaa (Widmer ym. 2000, Butler ym. 2008). Pelkästään röntgenkuvien perusteella sädeluussyndrooman diagnoosia ei voida siis tehdä (Widmer ym. 2000). Kuitenkin mitä enemmän ja vakavampia radiologisia muutoksia sädeluussa havaitaan, sitä todennäköisemmin hevonen sairastaa

sädeluussyndroomaa (Butler ym. 2008, Ross & Dyson 2010).

Ennen sädeluun röntgenkuvausta hevoselta poistetaan kengät, kaviot puhdistetaan ja sädeurteisiin laitetaan pehmeää saippuaa (Dyson 2011). Sädeluusta olisi hyvä ottaa lateromediaalikuva, dorsopalmaarikuva, kaksi dorsoproksimaali-palmarodistaalikuvaa, dorsomediaali-palmarolateraalikuva, dorsolaterali-palmaromediaalikuva sekä palmaroproksimaali-palmarodistaalikuva (Butler ym. 2008). Tärkeää hyvälaatuisille ja diagnostisille kuville on hyvä jalan asettelu ja röntgensäteiden oikea tulokulma (Ross & Dyson 2010, Dyson 2011). Kuvattava jalka asetetaan toisen jalan taakse vuohinen ojennettuna palmaroproksimaali-palmarodistaalikuvassa. Tällä vältetään vuohisen ja sädeluun päällekkäin kuvantuminen (Dyson 2011).

Röntgenkuvista arvioidaan sädeluun muotoa, kokoa sekä röntgenharvoja alueita sädeluun keskiosassa, distaali- ja proksimaalireunoilla. Röntgenkuvista lisäksi arvioidaan osteofyyttien eli luupiikkien muodostumista, fleksorikorteksin paksuuntumista, röntgenharvoja alueita eli synoviaalikanavia sekä uudislun muodostumista fleksorikorteksilla (Wright 1993b, Dik & Broek 1995, Ross & Dyson 2010). Röntgenharvat alueet fleksorikorteksilla viittaavat yleensä syvän koukistajajänteen muutokseen (Dyson 2011).

Synoviaalikanavien muutoksia, kuten niiden määrää, kokoa, muotoa sekä sijaintia, pidetään yhtenä tärkeänä tekijänä sädeluussyndrooman kehitymisessä (Poulos & Smith 1988). Normaali synoviaalikanava on muodoltaan kolmiomainen ja sen pituus on 1,5-kertainen leveyteensä nähden (Wright 1993b). Kanavia reunustaa synoviaalinen kudος, eikä verisuonen endoteeli ja verisuonet niin kuin aikaisemmin luultiin (Poulos & Smith 1988). Jos sädeluun distaalireunalla on enemmän kuin 7 röntgenharvaa aluetta eli synoviaalikanavaa, tai kanavat ovat hyvin erikokoisia ja muotoisia, voidaan niitä pitää kliinisesti merkittävinä löydöksinä (Butler ym. 2008, Ross & Dyson 2010). Tavallisesti sädeluussyndroomaa sairastavalta hevoselta löytyy röntgenkuvauksella useita, erimuotoisia laajoja synoviaalikanavia sekä kystisiä muutoksia sädeluun distaalireunalta (Poulos & Smith 1988, Widmer ym. 2000). Tutkimuksessa nuorilla, 1-2 -vuotiailla terveillä hevosilla, on havaittu sädeluun distaalireunalla vain muutamia, pieniä V:n muotoisia synoviaalikanavia (Poulos & Smith 1988). Wrightin tutkimuksessa (1993b) ontuvilla

hevosilla oli keskimäärin 8 synoviaalikanavaa ontuvan jalan sädeluussa. Yli 80%:lla sädeluussyndroomaa sairastavista hevosista oli yli 7 synoviaalikanavaa sädeluussa ja yli 90%:lla havaittiin laajentuneita ja epänormaalin muotoisia synoviaalikanavia. Synoviaalikanavien määrällä, koolla tai muodolla ei kuitenkaan katsota olevan yhteyttä ontuman asteeseen (Wright 1993b). Uuden tutkimuksen mukaan muuttuneet synoviaalikanavat olisivat kuitenkin yhteydessä ennemminkin kavionivelen nivelrikkoon tai tulehdukseen kuin sädeluussyndroomaan (Olive & Videau 2017). Proksimaalireunan synoviaalikanavia on pidetty yhteydessä kollateraalligamenttien muutoksiin (Ross & Dyson 2010). Lateromediaalikuvassa näkyvät synoviaalikanavat sädeluussa kertovat sädeluussa tapahtuvasta patologisesta prosessista (Butler ym. 2008).

Oikeaa ja vasenta sädeluuta verrataan toisiinsa ja terveellä hevosella niiden pitäisi olla symmetriset (Ross & Dyson 2010). Krooninen kuormitus kollateraali- ja distaalliligamenteissa aiheuttaa sädeluun muokkautumista (Butler ym. 2008).

Sädeluussyndroomaan on yhdistetty myös luiset fragmentit sädeluun distaalireunalla. Fragmentit eivät kuitenkaan suoraan kerro, että hevosella olisi sädeluussyndrooma (Poulos ym. 1989, Widmer ym. 2000). Ontuvilla hevosilla on todettu enemmän luisia fragmentteja distaalireunan mediaali- ja lateraalikulmissa kuin kliinisesti terveillä hevosilla (Ross & Dyson 2010, Biggi & Dyson 2011). Sillä ei ole kuitenkaan todettu olevan kliinistä merkitystä onko fragmentti mediaali- vai lateraalipuolella sädeluuta (Biggi & Dyson 2012). Unilateraalisesti ontuvilla hevosilla luinen fragmentti löytyy todennäköisemmin ontuvasta jalasta (Biggi & Dyson 2012). Sädeluussyndroomaa sairastavilla hevosilla luinen fragmentti voi olla ainut patologinen löydös sädeluussa. Sädeluussa ja sitä ympäröivissä rakenteissa voi kuitenkin olla muitakin muutoksia luufragmentin lisäksi (Biggi & Dyson 2012). Kyseiset luiset fragmentit voivat olla mineralisaatiota sädeluun distaalisesta ligamentista, distaalisen ligamentin vaurioista peräisin, rustosta peräisin olevia fragmentteja, murtumafragmentteja sädeluun distaalireunalta tai distaalisen ligamentin kiinnityskohdan osteofyyttien murtumafragmentteja (Poulos ym. 1989, Ross & Dyson 2010, Biggi & Dyson 2010). Pouloksen ym. tutkimuksessa (1989) kahdella hevosella havaittiin röntgenkuvauksella murtumafragmentti sädeluun distaalireunalla. Toinen hevonen oli kliinisesti terve ja toisella oli ollut epämääräinen etujalan ontuma. Lisäksi 13 hevosella

havaittiin fragmentteja, jotka olivat peräisin distaalisesta ligamentista. Kolmella hevosella havaittiin lisäksi rustosta peräisin olevia fragmentteja histologisella tutkimuksella.

Parhaiten luiset fragmentit havaitaan dorsoproksimaali-palmarodistaalikuvassa, kun säteen tulokulma on 60 astetta (Poulos ym. 1989). Mitä suurempia distaaliereunan luiset fragmentit ovat, sitä todennäköisemmin ne ovat yhteydessä distaaliiseen ligamenttiin (Biggi & Dyson 2011). Luufragmentit voivat olla kuitenkin pelkkä sivulöydös, eikä ontuman aiheuttaja. Jos sädeluun distaaliereunalla on röntgenharva alue, luufragmenttia voidaan pitää kliinisesti merkittävänä löydöksenä (Poulos ym. 1989, Ross & Dyson 2010). Distaaliereunan luufragmentteja ei ole yhdistetty ontuman asteeseen muilla kuin unilateraalisesti ontuvilla hevosilla (Wright 1993b). On myös todettu, että luisilla fragmenteilla ja synoviaalikanavien määrällä on yhteyttä. Eniten distaaliereunan fragmentteja on todettu hevosilla, joilla on sädeluususyndrooma (Biggi & Dyson 2012). Röntgenkuvauksella ja tietokonetomografialla luiset fragmentit on havaittu yhtä hyvin. Suuret ja keskikokoiset fragmentit havaitaan herkemmin edellä mainituilla kuvantamismenetelmillä kuin pienet fragmentit (Biggi & Dyson 2010). Sädeluun proksimaaliereunalta lähtöisin olevat fragmentit ovat harvinaisempia (Ross & Dyson 2010). Luisten fragmenttien merkitys kivun synnyssä ja ontuman aiheuttajana on kuitenkin vielä epäselvä (Biggi & Dyson 2010).

Sädeluususyndroomaa sairastavilta hevosilta on todettu myös osteofyyttejä eli luupiikkejä sädeluun proksimaaliereunalla (Wright 1993b, Biggi & Dyson 2012). Wrightin tutkimuksessa (1993b) 18%:lla ontuvista hevosista oli osteofyyttejä sädeluun proksimaaliereunalla. Osteofyytit ovat tavallisesti kooltaan 2mm-12mm ja ne on yhdistetty kollateraalligamenttien mineralisaatioon. Tutkimuksessa hevosten, joilta löytyi osteofyyttejä, keski-ikä oli 10 vuotta. Yli puolella hevosista oli sen lisäksi murtunut varvasakseli (Wright 1993b). Osteofyytit ovat yleisempiä kollateraalligamenttien kiinnityskohdan lateraali- kuin mediaalipuolella. Kuitenkin bilateraaliset osteofyytit ovat kaikista yleisimpiä (Wright 1993b, Biggi & Dyson 2012). Proksimaaliereunan osteofyyteillä ei ole merkittävää vaikutusta ontuman asteeseen, mutta niitä löytyy todennäköisesti voimakkaammin ontuvilta hevosilta (Wright 1993b).

Sädeluun normaalina variaationa pidetään fleksorikorteksilla olevaa sirpin muotoista röntgenharvaa aluetta, ja sitä ei pidetä sädeluususyndroomaan viittaavana muutoksena

(Poulos & Brown 1989, Berry ym. 1992). Nuorilla hevosilla tätä röntgenharventumaa ei ole havaittu, ja sitä pidetäänkin sädeluun aikaisen vaiheen muokkautumisena sädeluuhun kohdistuvan stressin ja kuormituksen seurauksena. Tutkimuksessa harventuma havaittiin CT-tutkimuksella paremmin kuin röntgentutkimuksella (Berry ym. 1992). Parhaiten kyseinen harventuma nähdään dorsoproksimaali-palmarodistaali-kuvassa, jossa säteen tulokulma on 45 astetta (Poulos & Brown 1989).

Sädeluun kystat ovat lähes aina kliinisesti merkittäviä löydöksiä. Kystia esiintyy tavallisimmin sädeluun keskiosissa, mutta fleksorikorteksilla niitä voi myös esiintyä (Ross & Dyson 2010). Tehdyissä tutkimuksissa sädeluussyndroomaa sairastavilla hevosilla on todettu sädeluun röntgenkuvissa kystia, kun taas terveillä hevosilla kystia ei ole havaittu (Widmer ym. 2000, Bentley ym. 2007, Dyson ym. 2012). Magneettikuvauksella kystamaiset muutokset on havaittu parhaiten, verrattuna röntgen- ja tietokonetomografiakuvaan (Biggi & Dyson 2010).

Kliinisesti ontuvilla hevosilla voi olla sädeluun uudismuodostusta fleksorikorteksilla. Fleksorikorteksin paksuuntuminen viittaa sädeluun patologiaan muutoksiin (Ross & Dyson 2010, Dyson ym. 2012). Sädeluussyndroomaa sairastavilla hevosilla on todettu merkittävästi paksumpi fleksorikorteksi verrattuna terveisiin hevosiin ja tämä voidaan havaita röntgenkuvauksen avulla (Widmer ym. 2000, Biggi & Dyson 2012). Fleksorikorteksin paksuus ei ole ollut yhteydessä rotuun, ikään tai hevosen kokoon (Biggi & Dyson 2012). Lisäksi on havaittu myös fleksorikorteksin erilaisia eroosioita nivelrustossa sädeluussyndroomaa sairastavilta hevosilta, ja nämä on yhdistetty ontuman asteeseen. Osalla sädeluussyndroomaa sairastavista hevosista voi olla myös medullassa skleroosia eli luun kovettumista fleksorikorteksin leesioiden lisäksi. Skleroosilla ei ole todettu olevan yhteyttä ontuman vakavuuteen (Wright 1993b).

Röntgenkuvista arvioidaan sädeluun ytimen ja fleksorikorteksin välistä erottuvuutta eli kortikomedullaarista erottuvuutta. Huono erottuvuus viittaa sädeluun muutoksiin (Ross & Dyson 2010). Wrightin tutkimuksessa (1993b) lähes 60%:lla ontuvista hevosista oli huonontunut kortikomedullaarinen erottuvuus. Huono kortikomedullaarinen erottuvuus on yhteydessä ontuman asteeseen (Wright 1993b).

Sädeluun muotoa arvioidaan röntgenkuvista (Ross & Dyson 2010). Sädeluussyndroomaa sairastavan hevosien sädeluun voi olla epätavallisen muotoinen (Widmer ym. 2000). Distaalireunan laajentuminen saattaa viitata sädeluun distaalisen ligamentin vaurioihin (Ross & Dyson 2010). Biggin ja Dysonin tutkimuksessa (2011) hevosilla, joilla esiintyi sädeluun distaalista laajentumista, esiintyi myös distaalireunan fragmentteja. Proksimaalireunan laajentuminen puolestaan viittaa kollateraalligamenttien vaurioihin. Lateromediaalikuvasta arvioidaan sädeluun sijaintia kavio- ja ruunuluuhun nähden. Joillain nuorilla hevosilla on havaittu sädeluun olevan epänormaalin lähellä kavioluuta, ja tämä on aiheuttanut myöhemmin patologisia muutoksia kavioniveleen ja sädeluuhun (Ross & Dyson 2010). Dysonin tutkimuksessa (2011) luokiteltiin sädeluun radiologisten muutosten perusteella luokkiin 0-4. Luokat on kuvattu tarkemmin taulukossa 1. Magneettikuvauksen avulla on kuitenkin havaittu, että röntgentutkimuksella ei voida tarkasti ennustaa sädeluun patologiaa (Parkes ym. 2015).

Sädeluun bursan varjoainetutkimuksella voidaan nähdä rakenteita ja muutoksia, joita ei tavanomaisella röntgenkuvauksella nähdä (Turner 1998, Ross & Dyson 2011). Varjoainetutkimuksessa sädeluun bursaan injisoidaan 20 G:n neulalla säteen keskiuurteesta kärkeen päin aseptisesti 3 ml varjoainetta ja anesteettia. Neulan oikea paikka varmistetaan röntgenkuvalla. Tämän jälkeen bursaan injisoidaan varjoaine ja otetaan uusi röntgenkuva (Turner 1998).

Sädeluun bursan varjoainetutkimuksella nähdään sädeluun bursa, fleksorikorteksin nivelrusto sekä syvä koukistajajänne (Turner 1998). Varjoainetutkimuksella voidaan nähdä fleksorikorteksin eroosiot ja oheneminen, rustonalaisten luun kystat, syvä koukistajajänteen fibrillaatio sekä sädeluun bursan täyttyminen (Turner 1998, Ross & Dyson 2010). Kuitenkin näiden muutosten kliininen merkitys on vielä kyseenalainen (Ross & Dyson 2010). Tutkituista sädeluussyndroomaa kärsivistä hevosista (69 kpl) 13%:lla oli normaali nivelrusto fleksorikorteksilla. 69%:lla hevosista todettiin eroosioita sekä nivelruston ohenemista. 21%:lla hevosista havaittiin syvän koukistajajänteen fibrillaatiota sekä 8%:lla hevosista nähtiin kiinnikkeitä (Turner 1998). Sädeluun bursan varjoainetutkimus on teoriassa melko yksinkertainen tekniikka mutta käytännössä injektio voi olla vaikea suorittaa, sillä bursan lähellä on myös muita synoviarakenteita kuten

kavionivel sekä jännetuppi (Turner 1998).

TAULUKKO 1. Sädeluun luokittelu radiologisten muutosten perusteella luokkiin 0-4 (Dyson 2011).

Luokka	Kortikome- dullaarinen erottuvuus	Oikean ja vasemman sädeluun symmetria	Fleksorikor- teksi	Synoviaalikanavat	Muuta
Erinomai- nen (Luokka 0)	Hyvä	Symmetriset	Yhtenäinen paksuudeltaan	<6 kpl ja ne ovat kapeita	-
Hyvä (Luokka 1)	Hyvä	Symmetriset	Yhtenäinen paksuudeltaan	<6 kpl, muodossa voi olla enemmän variaatioita, kuin luokassa 0	-
Kohtalai- nen (Luokka 2)	Heikenty- nyt	Epäsymmet- riset	Laajentunut proksimaali- sesti tai distaalisesti	<8 kpl röntgenharvaa vaihtelevan muotoista aluetta	Proksimaalireunalla osteofyyttien muodostusta
Huono (Luokka 3)	Huono	Epäsymmet- riset	Paksuuntunut	>7 kpl röntgenharvaa vaihtelevan muotoista aluetta	Proksimaalireunalla voimakas osteofyyttien muodostus, distaalireunalta voi löytyä röntgentiivis kappale
Erittäin huono (Luokka 4)	Huono	Epäsymmet- riset	Uudislun- muodostusta, röntgenharvoja alueita	>7 kpl röntgenharvaa, vaihtelevan muotoista aluetta	Kystamainen muutos sädeluun keskiosassa

8.7 Ultraäänitutkimus

Ultraäänilaitteet lähettävät mekaanista värähtelyä eli ultraääntä kudoksiin ja se vaimenee kudoksissa edetessään. Ultraääni heijastuu takaisin anturille eri tavoin eri kudoksista, ja signaaleista muodostuu kuva monitorille. Ultraäänianturin ja ihon kontaktin parantamiseksi eläimen karvat yleensä ajellaan tutkittavalta alueelta sekä käytetään ultraäänigeeliä ihon ja anturin välissä (Kidd ym. 2014).

Ultraääntä ei ole käytetty juurikaan sädeluusyndromeen diagnostiikassa, sillä ultraääni ei pysty läpäisemään kavion seinämää. Sädeluun proksimaaliosasta kuitenkin voidaan nähdä vuohisen palmarodistaaliosasta, mutta tästä saatu informaatio ei ole kliinisesti kovin merkittävää (Grewal ym. 2004). Vuohisen palmarodistaaliosasta voidaan ultraäänitutkimuksella nähdä distaalinen ligamentti, syvän koukistajajänteen insertiokohta ja distaaliosasta sekä sädeluun fleksorikorteksi (Kristoffersen & Thoenes 2003). Syvän koukistajajänteen sädeluunpuoleista osaa on vaikea tutkia ultraäänellä ja jänne pystytäänkin tutkimaan vain sen proksimaalipäästä (Widmer ym. 2000). Ultraäänitutkimuksella on havaittu suuria eroja ligamenttien paksuudessa terveillä hevosilla vasemmassa ja oikeassa jalassa, sekä mediaali- että lateraaliosassa (Kristoffersen & Thoenes 2003). Tämän johdosta ligamenttien paksuuden vertaamista saman hevososen toiseen jalkaan täytyy suhtautua hieman varauksella. Erot rakenteiden paksuudessa voivat olla myös virheitä, johtuen anturin huonosta sijainnista tai anturin huonosta kontaktista (Kristoffersen & Thoenes 2003).

On kuitenkin keksitty ultraäänen lähestymistapa (akustinen ikkuna), jolla pystytään saamaan tietoa sädeluusta ja sitä ympäröivistä rakenteista paremmin (Grewal ym. 2004). Ultraäänitutkimus voidaan suorittaa hereillä olevalle, seisovalle hevoselle ilman anestesiaa. Ennen ultraäänitutkimuksen suorittamista säteet kostutetaan ja pestään, sekä etujalkoja liotetaan vedessä 1-12 tunnin ajan. Jalkojen liotuksen noin 12 tunnin ajan on todettu parantavan ultraäänen kontaktia, mutta se ei ole välttämätön toimenpide rakenteiden näkymisen kannalta. Sädeurteisiin laitetaan lisäksi ultraäänigeeliä kontaktin parantamiseksi. Tutkimuksissa on käytetty 6,5 MHz:n ja 7,5 MHz:n lineaariantureita (Kristoffersen & Thoenes 2003, Grewal ym. 2004). Sädeluuta ja sitä ympäröiviä rakenteita tutkitaan sekä pitkittäissuunnassa että poikittaissuunnassa ultraäänilaitteella. Tutkimuksessa voidaan mitata bursan laajenemista, distaalisen ligamentin, syvän koukistajajänteen,

distaalisen annulaariligamentin sekä sädepatjan paksuutta. Edellä mainituissa paksuuksissa ei kuitenkaan ole havaittu merkittävää eroa terveillä ja sairailta hevosilla (Grewal ym. 2004).

Sädeluussyndroomasta kärsivillä hevosilla on havaittu bursan tulehdusta eli bursiittia, syvän koukistajajänteen sekä distaalisen ligamentin dystrofista mineralisaatiota, tendoniittia ja kortikaalisia muutoksia sädeluussa ultraäänitutkimuksen avulla. Ultraäänitutkimuksella ei pystytä luotettavasti mittaamaan syvän koukistajajänteen sekä distaalisen annulaariligamentin poikkileikkausta. Ultraäänitutkimuksella on kuitenkin havaittu sädeluun eroosio, jota ei röntgenkuvauksella havaittu (Grewal ym. 2004).

Bursiitissa bursan nestemäärä on lisääntynyt, bursa on laajentunut ja paksuuntunut sekä bursan elastisuus on vähentynyt. Terveillä hevosilla ei ole havaittu bursan paksuuntumista eikä nestemäärän lisääntymistä. Akuutti bursiitti aiheuttaa yhtäkkisen lievistä vakavaan ontuman. Jatkuva bursan ärsytys, seinämän paksuuntuminen, kiinnikkeet ja vähentynyt elastisuus johtavat krooniseen bursiittiin. Voimakkaasti ontuvilla hevosilla on myös havaittu enemmän kiinnikkeitä bursassa kuin hevosilla, joilla ontuman aste on lievästä kohtalaiseen. Ultraäänitutkimuksella pystytään siis luotettavasti löytämään kroonisen bursiitin löydöksiä kuten bursan proliferaatiota ja bursan kiinnikkeitä. Kiinnikkeitä on myös havaittu sädeluun ja syvän koukistajajänteen välillä sädeluussyndroomasta kärsivillä hevosilla (Grewal ym. 2004). Ultraäänitutkimuksen on todistettu olevan tehokkaampi pehmytosten mineralisaatioiden havainnointiin kuin röntgentutkimuksen, ja Grewal ym. (2004) uskovat, että ultraääni on hyödyllinen apuväline myös sädeluussyndrooman diagnostiikassa.

8.8 Tietokonetomografia

Tietokonetomografia eli CT toimii röntgenkuvauksen tavoin, mutta CT:llä potilaasta saadaan hahmoteltua kolmiulotteinen malli, kun taas perinteiset röntgenkuvat ovat kaksiulotteisia. CT-tutkimuksessa röntgensäteet tulevat eri suunnista ja sillä saadaan kuvattavasta kohteesta sarja korkean resoluution viipalekuvia (Fio & Koblik 1995).

CT:llä pystytään selvästi kuvaamaan sädeluun luostumuutokset, joita ei röntgenkuvauksella havaita (Widmer ym. 2000). CT:n avulla pystytään myös havaitsemaan varhaisemmin luun

osteolyysi, skleroosi ja uudisluun muodostus kuin röntgenkuvauksella (Dennis 1996). CT:n avulla pystytään havainnoimaan monia tärkeitä sädeluun muutoksia, kuten fleksorikorteksin paksuuntumista ja eroosiota, medullan skleroosia, distaalireunan synoviaalikanavia ja fragmentteja sekä kystisiä muutoksia. Monet näistä muutoksista voidaan nähdä myös röntgenkuvauksella, mutta CT:llä luiset muutokset nähdään tarkemmin. Esimerkiksi sädeluun distaalireunan synoviaalikanavat sekä distaalireunan fragmentit nähdään paremmin CT:llä kuin röntgenkuvauksella. CT:llä on myös huomattu osittainen sädeluun murtuma, jota ei röntgenkuvauksella oltu havaittu (Widmer ym. 2000). Suurten fragmenttien arvioinnissa CT on röntgentutkimusta sensitiivisempi (Biggi & Dyson 2010). Kun on verrattu röntgenkuvausta, magneettikuvausta ja CT-tutkimusta keskenään, parhaiten luustomuutokset on havaittu CT-tutkimuksella (Widmer ym. 2000). Sädeluun synoviaalikanavien kokoa, muotoa ja lukumäärää pystyy paremmin arvioimaan CT:n avulla kuin röntgentutkimuksella (Widmer ym. 2000). Sädeluun medullan skleroosi ja huono kortikomedullaarinen erottuvuus ovat mahdollisesti ylliedustettuina röntgenkuvissa, kun taas puolestaan distaalisen reunan fragmentit ovat aliedustettuina niissä (Ruohoniemi & Tervahartiala 1999). CT:llä päästään siis tarkempaan diagnoosiin kuin röntgentutkimuksella sekä CT mahdollisesti auttaa tapauksissa, joissa röntgenlöydökset eivät korreloi kliinisten löydösten kanssa (Ruohoniemi & Tervahartiala 1999, Widmer ym. 2000).

8.9 Magneettikuvaus

Magneettikuvaus eli MRI perustuu ydinmagneettiseen resonanssiin. Atomin ydin reagoi elektromagneettisen säteilyn sekä magneettikenttien kanssa ja vapauttaa energiaa (radiotaajuista signaalia), joka voidaan nähdä tietokoneella magneettikuvana (Thomson ym. 1993).

MRI on hyödyllinen apuväline sädeluusyngrooman diagnostiikassa ja sillä pystytään saamaan spesifimpi diagnoosi ja paikallistamaan vaurio tiettyyn rakenteeseen. Tästä on myös hyötyä hevosen hoitoa mietittäessä (Widmer ym. 2000, Murray ym. 2006, Sampson ym. 2009, Parkes ym. 2015). MRI:llä pystytään havaitsemaan pehmytosavauriot sädeluuta ympäröivissä rakenteissa, kuten jänteissä, ligamenteissa, nivelrustossa ja bursassa, joita ei röntgenkuvauksella tai CT-tutkimuksella pystytä havaitsemaan. MRI:tä pidetäänkin

hyödyllisimpänä diagnostisena apuvälineenä pehmytosavurioiden arviointiin sädeluussyndroomasta kärsivillä hevosilla (Widmer ym. 2000). MRI-kuvauksella pystytään pehmytosavurioiden lisäksi havaitsemaan luustomuutoksia (Murray ym. 2006). Esimerkiksi sädeluun fleksorikorteksin syvemmät eroosiot on huomattu ainoastaan magneettikuvauksella (Dyson ym. 2012). MRI-kuvissa esiintyy jonkin verran artefaktoja, joten kuvien tulkitsijan tulee olla niistä tietoinen (Murray ym. 2006).

Sampson ym. (2009) tutkivat magneettikuvauksella 72 sädeluuntumahevosta, joilla ei ollut radiologisia muutoksia sädeluussa; näistä kuitenkin 95%:lla havaittiin muutoksia sädeluussa tai sitä ympäröivissä rakenteissa magneettikuvissa. Hevosista 33%:lla primääri vaurioalue kohdistui sädeluuhun, 18%:lla vaurio oli syvässä koukistajajänteessä, 15%:lla primäärimuutos löytyi kollateraalligamenteista ja 10%:lla hevosista vaurio oli distaalisessa ligamentissa. Tavallisesti kollateraalligamentin vaurio nähtiin muiden sädeluun alueen vurioiden kanssa, eikä pelkästään ainoana vauriona. Hevosista 18%:lla oli useammassa rakenteessa vurioita. Vain 5%:lla vurioita ei todettu sädeluussa eikä sitä tukevissa pehmytosissa.

Magneettikuvauksella voidaan nähdä myös kavionivelen nivelnesteeseen lisääntyminen. Monella sädeluussyndroomahevosella on havaittu kavionivelen täyttymistä. Nivelnesteeseen määrä voi lisääntyä myös bursassa, joka voidaan nähdä magneettikuvauksella. Bursaa ei nähdä MRI-kuvissa, ellei se ole laajentunut tai sen seinämä paksuuntunut (Widmer ym. 2000). Sampsonin ym. tutkimuksessa (2009) 29%:lla sädeluussyndroomaa kärsivästä hevosesta oli vakava bursiitti. Hevosilla, joilla on vurioita kollateraalisissa tai distaalisissa ligamenteissa tai syvässä koukistajajänteessä esiintyy todennäköisemmin sädeluun bursan laajenemista, kuin niillä joilla vurioita ei ole näissä rakenteissa. Todennäköisesti muutokset löytyvät voimakkaammin ontuvasta jalasta (Sampson ym. 2009).

Magneettikuvantaminen on osoittanut, että usein moni rakenne on vuriotunut samaan aikaan. On mahdollista, että yhden rakenteen vuriotuminen altistaa toisen vuriolle, sillä sädeluu ja sitä ympäröivät pehmytkudosrakenteet toimivat yhtenä yksikkönä (Dyson ym. 2006).

Magneettikuvauksella on verrattu terveiden sekä sädeluussyndroomaa sairastavien hevosten

välisiä eroja sädeluussa ja sitä ympäröivissä rakenteissa (Murray ym. 2006). Kuvissa on huomattu merkittäviä eroja terveiden ja sairaiden hevosten välillä. Lähes kaikkien sairaiden hevosten magneettikuvissa on havaittu useita kohtalaisesta vakavaan luokiteltavia muutoksia, kun taas terveillä hevosilla vain pienellä osalla on havaittu näitä muutoksia. Tavallisesti sairailta hevosilta on löydetty enemmän kuin 3 rakennetta kavion kantaosissa, usein jopa 6-8 rakennetta, jotka ovat epänormaaleja. Syvä koukistajajänne, distaalinen ligamentti, sädeluu, kollateraalligamentit ja sädeluun bursa ovat tyypillisimpiä magneettikuvissa nähtäviä epänormaaleja rakenteita. Monet vaurioista nähdään kummassakin jalassa. Taulukossa 2 on kuvattu eri rakenteiden muutosten prosenttiosuuksia Murrayn ym. (2006) tutkimuksessa. Tutkimuksessa terveitä hevosia oli 14 ja ontuvia hevosia 18. Kaikkien hevosten molemmat etujalat magneettikuvattiin. Terveillä hevosilla ei havaittu ollenkaan vakavia muutoksia sädeluussa, joten niitä ei ole merkitty taulukkoon.

Magneettikuvissa rakenteista tutkitaan niiden intensiteettiä, homogeenisuutta, kokoa, muotoa sekä suhdetta muihin rakenteisiin. Rakenteiden muutokset yleensä luokitellaan lievään, kohtalaiseen ja vakavaan. Muutoksen tulisi näkyä useammassa kuin yhdessä kuvassa, jolloin sitä voidaan pitää todellisena. Hevosen iän ei katsota vaikuttavan rakenteiden luokitteluun (Murray ym. 2006). Esimerkiksi terveen hevosen syvän koukistajajänteen tulisi näkyä magneettikuvassa yhtenäisenä, matalan intensiteetin omaavana sekä tarkkarajaisena rakenteena. Lievinä muutoksina syvässä koukistajajänteessä pidetään pieniä alueita, joilla on lisääntynyt intensiteetti sekä lievää jänteen epäsäännöllisyyttä. Kohtalaisissa syvän koukistajajänteen muutoksissa intensiteetti on lisääntynyt kohtalaisesti sekä jänteen epäsäännöllisyyttä esiintyy alle 1/3 jänteen alueella. Vakavina syvän koukistajajänteen muutoksina pidetään jänteen lisääntynyttä intensiteettiä yli 1/3 jänteen alueella (Murray ym. 2006).

TAULUKKO 2. Magneettikuvantamisella todetut muutokset eri rakenteissa terveillä ja sairaila hevosilla. Lieviin muutoksiin on merkitty L prosenttiluvun perään, kohtalaisiin muutoksiin K ja vakaviin V (Murray ym. 2006).

	Sädeluu	Syvä koukistajajänne	Kollateraalliligamentit	Distaalinen ligamentti	Bursa
Terve	69% L 12% K	15% L 0% K	12% L 0% K	19% L 12% K	15% L 0% K
Sairas	26% L 47% K 27% V	15% L 41% K 35% V	12% L 9% K 26% V	12% L 29% K 38% V	6% L 24% K 29% K

Magneettikuvauksen avulla löydettyjä muutoksia on verrattu histopatologisiin muutoksiin sädeluussa (Dyson ym. 2012). Histopatologisissa tutkimuksissa akuutisti ontuvilla hevosilla on havaittu sädeluussa rasvan atrofiaa, kapillaarien lisääntymistä, perivaskulaarista eli verisuonta ympäröivää sekä interstitiaalista eli soluvälitilan ödeemaa, sidekudoksen muodostumista, nekroosia, kystamuodostusta sekä luun harventumista (Busoni ym. 2005, Dyson ym. 2012). Nämä histopatologiset muutokset on yhdistetty magneettikuvissa nähtävään sädeluun lisääntyneeseen intensiteettiin (Dyson ym. 2012). Histologisessa tutkimuksessa on lisäksi todettu sädeluussyndroomaa sairastavilla hevosilla sädeluussa lisääntynyt määrä mikrovaurioita, sädeluun luumassan vähentymistä sekä osteosyyttien määrän vähentymistä (Bentley ym. 2007). Sädeluun medullan ödeemamuutokset havaitaan aiemmin magneettikuvauksella kuin röntgenkuvauksella nähtävät luustomuutokset. Magneettikuvantaminen on siis tärkeä työväline varhaisen vaiheen sädeluussyndrooman diagnostiikassa ja hoidon aloittamisessa (Busoni ym. 2005).

Sädeluussyndroomaa sairastavilla hevosilla on magneettikuvassa havaittu yleisesti lisääntynyttä intensiteettiä sädeluun fleksorikorteksilla sekä sädeluun medullassa (Dyson ym. 2012). Sädeluun lisääntynyt intensiteetti viittaa joko leesioihin nivelrustossa ja rustonalaisessa luussa tai voi liittyä kokonaan muuhun sairauteen. Lisääntynyttä intensiteettiä on havaittu myös kollateraali- ja distaaliligamenttien kiinnityskohdissa.

Magneettikuvauksen avulla löytyvää lisääntynyttä intensiteettiä sädeluun eri osissa voidaan pitää kliinisesti merkittävänä (Dyson ym. 2012).

Sädeluun patologistia muutoksia ovat esimerkiksi fleksorikorteksin degeneratiiviset muutokset ja sen paksuuntuminen. Fleksorikorteksin degeneratiiviset muutokset voivat ulottua nivelruston lisäksi myös rustonalaiseen luuhun. Distaaliosassa patologistia muutoksia ovat synoviaalikanavien lisääntyminen, uudislun muodostuminen sekä luufragmentit (Dyson ym. 2012).

Sädeluussyndroomasta kärsivillä hevosilla on myös usein pehmytkudosvaurioita. Syvän koukistajajänteen vaurioita on todettu monilla sädeluussyndroomahevosilla (Busoni ym. 2005). Sampsonin ym. tutkimuksessa (2009) 18%:lla sädeluussyndroomaa sairastavista hevosista vaurio oli syvässä koukistajajänteessä. Suurimmalla osalla syvän koukistajajänteen vauriot sijoittuivat sädeluun proksimaalipuolelle. Syvän koukistajajänteen vauriot ovat tavallisesti degeneratiivisia eivätkä tulehduksellisia. Termiä ”tendoniitti” ei näin ollen pitäisi käyttää vaan se pitäisi korvata sanalla tendopatia (Busoni ym. 2005). MRI:llä pystytään tutkimaan koko syvä koukistajänne (Widmer ym. 2000).

Sädeluun nivelrustojen kunnon arviointi on diagnostisesti haastavaa, jopa magneettikuvantamisella. Kuitenkin magneettikuvantamisella havaittavissa oleva sädeluun fleksorikorteksin lisääntynyt intensiteetti on hyvä indikaattori nivelruston vaurioitumiselle (Dyson ym. 2012). MRI-kuvissa ei välttämättä nähdä nivelrustoa sädeluussyndroomaa sairastavalta hevoselta. Nivelrusto sädeluun fleksorikorteksilla on ohut, ja sairaalla hevosella se on voinut kaventua entisestään, joten sitä voi olla vaikea havaita. MRI-kuvissa nivelruston näkyvyyteen vaikuttavat suuresti ympärillä olevien rakenteiden, kuten syvän koukistajajänteen kontrasti (Widmer ym. 2000). Histopatologisesti voidaan määritellä nivelruston degeneraation aste lievästä kohtuulliseen. Lievässä nivelruston degeneraatiossa palmaaripuolelta lähtöisin olevat leesiot ovat 15-30% ruston syvyydestä. Kohtuullisessa nivelruston degeneraatiossa puolestaan on jo havaittavissa verisuonitusta alla olevasta luusta rustoon (Dyson ym. 2012).

Dysonin ym. tutkimuksessa (2010) magneettikuvauksella tutkittiin distaalista ligamenttia ja verrattiin magneettilöydöksiä sekä histopatologisia tuloksia. Kystiset muutokset sädeluun

distaalikolmanneksessa, lisääntynyt intensiteetti distaalisen ligamentin kiinnityskohdassa ja distaalireunan fragmentit viittaavat distaalisen ligamentin muutoksiin. Mikäli sädeluun distaalikolmanneksessa on kysta tai sädeluun distaalireunalla on luinen fragmentti, todennäköisesti magneettikuvassa nähdään lisääntynyt intensiteetti distaalisen ligamentin insertiokohdassa kavioluussa. Distaalisen ligamentin runko-osan epäsäännöllisyys ja turpoaminen voidaan nähdä myös lisääntyneenä intensiteettinä magneettikuvissa. Distaalisen ligamentin magneettikuvien löydökset ja histopatologiset tulokset korreloivat keskenään. Distaalisen ligamentin vaurio ilman ympäröivien rakenteiden vaurioita on epätodennäköistä (Dyson ym. 2010).

8.10 Skintigrafia

Skintigrafia eli gammakuvaus perustuu fysiologisiin prosesseihin, toisin kuin muut edellä kuvatut diagnostiset menetelmät (Mäkelä & Juhantalo 2000, Dyson & Murray 2007b). Skintigrafiassa hevosen laskimoon injisoidaan radioaktiivista ainetta, joka jakautuu kudoksiin ja luustoon. Radioaktiivisen aineen lähettämän säteilyn määrä mitataan detektorilla, tavallisesti gammakameralla. Radioaktiivisella aineella on oltava lyhyt puoliintumisaika, ja yleisimmin käytetty aine on technetium-99m (Dyson & Murray 2007b). Radioaktiivista ainetta kertyy luun tai lihaksen patologisissa tiloissa kudokseen, ja gammakuvissa tämä nähdään alueen lisääntyneenä aktiivisuutena (Mäkelä & Juhantalo 1999). Dysonin ja Murrayn tutkimuksessa (2007b) 264:sta etujalkoja ontuvasta hevosesta gammakuvassa havaittiin 36%:lla sädeluussa lisääntynyttä aktiivisuutta, 13%:lla syvässä koukistajajänteessä lisääntynyttä aktiivisuutta, 9%:lla kavioluussa mediaalisen kollateraaliligamentin kiinnityskohdassa lisääntynyttä aktiivisuutta sekä 14%:lla syvän koukistajajänteen kiinnityskohdassa lisääntynyttä aktiivisuutta.

Pehmytkudoksista, esimerkiksi syvästä koukistajajänteestä ja ligamenteista, kuvat otetaan 2-10 minuuttia injektion jälkeen. Skintigrafialla pystytään näkemään esimerkiksi sädeluun bursan tulehdus sekä syvän koukistajajänteen tulehdus. Gammakuvissa lisääntynyt aktiivisuus viittaa aktiiviseen tulehdusreaktioon, jossa verenvirtaus ja verisuonten läpäisevyys on lisääntynyt. Vähentynyt aktiivisuus puolestaan viittaa kudoksen

hapenpuutteeseen, joka voi olla seurausta esimerkiksi traumasta (Mäkelä & Juhantalo 1999, Hoskinson 2001).

Luustokuvaus aloitetaan noin kahden ja puolen tunnin kuluttua injektion jälkeen (Mäkelä & Juhantalo 1999). Luustoaktiivisuus vaurion jälkeen alkaa useimmiten 24-72h vaurion synnystä. Radioaktiivisuus luussa lisääntyy, kun luustoaktiivisuus lisääntyy. Tämän takia skintigrafialla pystytään diagnosoimaan luustovauriot aiemmin kuin esimerkiksi röntgenkuvauksella, jossa muutokset näkyvät yleensä vasta noin kahden viikon kuluttua (Hoskinson 2001).

Skintigrafiata käytetään hevosilla usein jalkakivun diagnosointiin, mutta vielä ei kovin hyvin tiedetä miten se korreloi muiden diagnostisten menetelmien kanssa (Dyson & Murray 2007b). Skintigrafialla tunnistetaan helposti uudislunmuodostus, ja se onkin sen vuoksi hyvä havaitsemaan primäärit patologiset muutokset luussa tai sekundäärit muutokset luussa, jotka ovat seurausta ligamentti- tai jännevammasta (Dyson & Murray 2007b). Skintigrafia havaitsee hyvin luun leesioden aktiivisuuden, joten sitä on pidetty hyvänä tukena hoidon seurannassa hevosilla, joilla on ollut radiologisia muutoksia luustossa (Hoskinson 2001). Lisääntynyt osteoblastien aktiivisuus ei kuitenkaan aina liity sädeluun patologiaan muutoksiin, joten skintigrafia voi antaa myös väärää negatiivisia ja positiivisia tuloksia (Trout ym. 1991, Dyson ym. 2006).

Löydökset skintigrafialla ovat siis hyvä enne vaurioista sädeluussa, syvässä koukistajajänteessä ja kollateraalliligamenteissa. Kuitenkaan negatiivinen tulos skintigrafiassa ei poissulje vaurioita kyseisissä rakenteissa. Skintigrafialla on siis sädeluusyngörian diagnostiikassa korkea spesifisyys eli tarkkuus mutta matala sensitiivisyys eli herkkyys (Dyson & Murray 2007b). Skintigrafia on sensitiivisin havaitsemaan leesioita sädeluun ytimessä ja vähiten herkin havaitsemaan vaurioita sädeluun dorsaalireunalla (Dyson & Murray 2007b). Skintigrafia on hyvä havaitsemaan varhaisia muutoksia luussa ja tunnistamaan sairauden aikaisessa vaiheessa. Skintigrafia tunnistaa röntgenkuvausta aiemmin esimerkiksi sädeluun degeneraation (Hoskinson 2001). Skintigrafia voi auttaa MRI-löydösten merkityksen arvioinnissa ja onkin näin ollen hyödyllinen apuväline sädeluusyngörian diagnostiikassa (Dyson & Murray 2007b). Skintigrafiasta uskotaan olevan myös apua, kun ontuman aiheuttajaa ei ole paikallistettu tai

röntgenlöydöksen klininen merkitys on epävarma (Mäkelä & Juhantalo 1999).

8.11 Bursoskopia

Bursoskopia on uudenlainen endoskopiategniikka, jolla on tutkittu kuolleiden hevosten pakastettuja etujalkoja käyttäen kahta erilaista artroskopiaa. Artroskopioiden halkaisijat olivat 2,7mm ja 4mm (Scandella ym. 2010). 4 mm:n artroskopia pidetään parempana kuin 2mm:n artroskopia tässä tekniikassa. Ihoon tehdään noin 5mm viilto kavioruston proksimaalipuolelle varoen hermokimppuja. Artroskopia työnnetään ihoviillosta sädeluun bursaa kohti. Kun artroskopia on päässyt bursan sisään, tunnetaan pieni vastus artroskopia liikuttaessa (Cruz ym. 2001). Kirurgi varmistaa artroskopian sijaitsevan bursassa. Artroskopian avulla pystytään nähdä distaalinen ligamentti, bursa, syvän koukistajajänteen dorsaaliosa, sädeluun fleksorikorteksi ja kollateraalligamentit (Scandella ym. 2010).

Sädeluussyndroomasta kärsivillä hevosilla on todettu bursoskopiolla bursan tulehdusta, syvässä koukistajajänteessä fibrillaatiota, nivelruston ohenemista ja synoviaalikanavien hyperplasiaa (Cruz ym. 2001). Yleensä artroskopia saadaan ilman vaikeuksia bursaan, mutta artroskopia ei välttämättä saada bursaan mikäli syvän koukistajajänteen jännetupessa on synoviitti (Scandella ym. 2010).

Bursoskopia on myös suoritettu elävälle 14-vuotiaalle tammalle, jolla oli bilateraallinen molempien jalkojen ontuma sekä sädeluussyndrooma todettu MRI-kuvantamisella. Toimenpide tehtiin yleisanestesiassa molempia yllämainittuja artroskoppia käyttäen (Scandella ym. 2010). Bursoskopian uskotaan olevan hyödyllinen ja potentiaalinen apuväline sädeluussyndrooman diagnostiikassa ja hoidossa, kun leesiot ovat bursassa (Cruz ym. 2001, Scandella ym. 2010). Bursoskopia vaatii kuitenkin kokeneen tekijän, joka tuntee sädeluun alueen anatomian. Erityisesti on varottava jännetuppeen tai kavioniveleen päätymistä. Vielä ei kuitenkaan tiedetä tarkkoja seurauksia, mikäli näin tapahtuu (Cruz ym. 2001).

9 POHDINTA

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli selvittää sädeluun ja sitä ympäröivien rakenteiden muutoksia ja niiden kliinistä merkitystä sädeluussyndroomassa. Useat eri rakenteet ovat yhdistetty sädeluussyndroomaan, ja näin ollen vauriotkin ovat hyvin erilaisia riippuen vaurioituneesta rakenteesta. Tavallisimmin vaurioituneet rakenteet sädeluussyndroomassa ovat syvä koukistajajänne, distaalinen ligamentti, sädeluu, sädeluun kollateraalligamentit ja sädeluun bursa. Sädeluussyndroomaan on yhdistetty esimerkiksi sädeluun synoviaalikanavien muutokset, sädeluunreunan luupiikit, luiset fragmentit sekä fleksorikorteksin eroosiot ja paksuuntuminen.

Sädeluun proksimaalireunan fragmenteilla sekä fleksorikorteksin eroosioilla on yhteys ontuman asteeseen eli niitä voidaan ainakin pitää kliinisesti merkittävänä löydökinä. Sädeluun synoviaalikanavia pidetään kliinisesti merkittävänä, jos niitä löytyy yli seitsemän sädeluun distaalireunalta, ja ne ovat erimuotoisia. Kuitenkin Olive ja Videau (2017) kyseenalaistavat aiemman väitteen, ja heidän mukaansa muuttuneet synoviaalikanavat liittyisivät enemmänkin kavionivelen nivelrikkoon tai tulehdukseen kuin sädeluussyndroomaan. Sädeluunreunan luupiikkejä ei puolestaan ole yhdistetty ontuman asteeseen, mutta niitä todennäköisemmin löytyy voimakkaammin ontuvilta hevosilta enemmän kuin vähemmän ontuvilta. Sädeluun kystia pidetään aina kliinisesti merkittävänä muutoksina sädeluussa. Sädeluun bursan tulehdusta, ligamentti- ja syvän koukistajajänteen vaurioita, kuten tendoniittiä ja mineralisaatioita esiintyy myös sädeluussyndroomasta kärsivillä hevosilla.

Sädeluussyndrooma on erittäin monimuotoinen ja yleinen sairaus ratsuhevosilla. Lähes kaikissa artikkeleissa tutkittiin ratsuhevosia, ja hieman epäselvää on esimerkiksi ravihevosten osuus sädeluussyndroomaa sairastavista hevosista. Ainoastaan Wrightin tutkimuksessa (1993a) oli otettu tutkimukseen myös ravihevosia, ja niiden osuus oli 3% sädeluussyndroomaa sairastavista hevosista. Ravihevoset ilmeisesti sairastuvat ratsuhevosia harvemmin sädeluussyndroomaan. Sädeluussyndroomaa on tutkittu Suomessa vain suomenhevosilta, joilla sen on todettu olevan melko harvinainen sairaus (Ruohoniemi ym. 1998). Tutkimusta ei ole kuitenkaan tehty suomalaisilla puoliverihevosilla. Suomessa sädeluussyndrooman prevalenssi ei siis ole tiedossa.

Taulukossa 2 on kuvattu magneettitutkimuksella löydettyjä eri rakenteissa olevien lievien,

kohtalaisten ja vakavien muutosten osuutta terveillä ja sairailta hevosilla. Huomionarvoista on, että terveilläkin hevosilla jopa 69%:lla on lieviä muutoksia sädeluussa. Ovatko nämä lievät muutokset merkki alkavasta, vielä oireettomasta sädeluussyndroomasta vai ovatko muutokset sellaiset, jotka eivät koskaan kehity sädeluussyndroomaksi?

Sädeluussyndroomaan käytettäviä diagnosointimenetelmiä on useita. Tärkeää olisi kuitenkin tietää, mikä diagnosointimenetelmä olisi hyödyllinen millekin hevoselle. Suomessa mahdollisia diagnosointikeinoja on röntgenkuvaus, ultraäänitutkimus, magneettikuvantaminen, bursan varjoainetutkimus ja skintigrafia.

Tietokonetomografialaitetta ei Suomessa ole vielä saatavilla hevosille, ja hevosten magneettikuvantaminen sekä skintigrafiatutkimus ovat olleet mahdollisia ainoastaan Hyvinkään Hevossairaалassa. Röntgenlaitteita puolestaan löytyy kaikilta hevosklinikoilta, joten röntgentutkimusta käytetään varmasti Suomessa eniten sädeluussyndrooman diagnosointiin vielä tällä hetkellä ja sitä pidetäänkin ”rutiinimenetelmänä” diagnostiikassa. Kuitenkin röntgenkuvaus korreloi melko huonosti kliinisten löydösten sekä sädeluun patologian kanssa. Röntgenkuvauksella kaikki pehmytösavauriot jäävät huomaamatta. Sädeluussyndroomassa kuitenkin usein vaurioita on myös näissä pehmytösarakeissa. Näin ollen röntgentutkimuksella jää moni sädeluussyndroomatapaus havaitsematta. Toisaalta huonon korrelaation vuoksi röntgenkuvauksella moni voi saada sädeluussyndroomadiagnoosin, vaikkei sitä sairastaisikaan.

Magneettikuvantamista pidetään parhaimpana apuvälineenä sädeluussyndrooman diagnostiikassa ja sillä pystytään luustovaurioiden lisäksi tarkasti kuvaamaan myös pehmytösten vauriot. Epäiltäessä hevosella sädeluussyndroomaa tyypillisten oireiden perusteella, näiden tutkimusten valossa magneettikuvantamista voidaan pitää parhaimpana kuvantamismenetelmänä sädeluussyndrooman diagnostiikassa. Haasteita kuitenkin luo se, että ainut hevosten magneettikuvantamislaitte sekä skintigrafialaite on löytynyt Hyvinkään Hevossairaалalta. Kaikilla hevosten omistajilla ei kuitenkaan ole halukkuutta viedä hevosta magneettitutkimukseen tai skintigrafiaan taloudellisista tai maantieteellisistä syistä johtuen. Esimerkiksi skintigrafiatutkimus maksaa noin 1000-1500 euroa. Mikäli omistaja ei ole halukas lähtemään edellä mainittuihin tutkimuksiin, niin tällöin röntgentutkimus olisi hyvä vaihtoehto. Mikäli kuitenkaan muutoksia ei röntgenkuvissa ole tai röntgenmuutokset ovat

epäselvät, niin muita kuvantamismenetelmiä tulisi uudelleen miettiä.

Magneettikuvantamisella sekä skintigrafialla pystytään aikaisemmassa vaiheessa huomaamaan muutokset, jotka eivät välttämättä vielä näy röntgenkuvissa.

Ultraäänitutkimusta käytetään paljon pehmytosa- ja jänneaurioiden diagnostiikassa, mutta sitä ei juurikaan käytetä sädeluussyndrooman diagnostiikassa. Ultraäänitutkimuksella saatua informaatiota sädeluusta ja sitä ympäröivistä rakenteista ei pidetä kovin merkittävänä.

Ultraäänitutkimuksella saadaan kuitenkin esimerkiksi bursan tulehdus diagnosoitua hyvin, jota ei pystytä diagnosoimaan röntgentutkimuksella. Ultraääni ei kuitenkaan ole kovinkaan käytännöllinen vaihtoehto, sillä hevosen jalvoja olisi hyvä liottaa noin 1-12 tunnin ajan ennen tutkimuksen suorittamista. Magneettitutkimusta voidaankin pitää parhaimpana diagnosointivälineenä sädeluussyndrooman diagnostiikassa, ja mikäli tutkimukseen ei ole mahdollisuutta, skintigrafiaa, röntgentutkimusta tai ultraäänitutkimusta tällöin voitaisiin käyttää apuvälineenä. Käytännössä röntgentutkimusta pidetään kuitenkin vielä yleisimpänä menetelmänä sädeluussyndrooman diagnosoinnissa.

10 KIRJALLISUUSLUETTELO

Bentley A, Sample J, Livesey A, Scollay C, Radtke L, Frank D, Kalscheur L, Muir P. Morphologic changes associated with functional adaptation of the navicular bone of horses. J Anat 2007, 211 (5): 662-72.

Berry C, Pool R, Stover S, O'Brien T, Koblik P. Radiographic/morphologic investigation of a radiolucent crescent within the flexor central eminence of the navicular bone in Thoroughbreds. Am J Vet Res 1992, 53 (9): 1604-11.

Bidwell L, Brown K, Cordier A, Mullineaux D, Clayton H. Mepivacaine local anaesthetic duration in equine palmar digital nerve blocks. Equine Vet J 2004, 36 (8): 723-726.

Biggi M, Dyson S. Comparison between radiological and magnetic resonance imaging lesions in the distal border of the navicular bone with particular reference to distal border fragments and osseous cyst-like lesions. Equine Vet J 2010, 42 (8): 707-712.

Biggi M, Dyson S. High-field magnetic resonance imaging investigation of distal border fragments of the navicular bone in horses with foot pain. *Equine Vet J* 2011, 43 (3): 302-308.

Biggi M, Dyson S. Distal border fragments and shape of the navicular bone: Radiological evaluation in lame horses and horses free from lameness. *Equine Vet J* 2012, 44 (3): 325-331.

Blunden A, Dyson S, Murray R, Schramme M. Histopathology in horses with chronic palmar foot pain and age-matched controls. Part 1: Navicular bone and related structures. *Equine Vet J* 2006, 38 (1): 15-22.

Busoni V, Heimann M, Trenteseaux J, Snaps F, Dondelinger R. Magnetic resonance imaging findings in the equine deep digital flexor tendon and distal sesamoid bone in advanced navicular disease--an ex vivo study. *Vet Radiol Ultrasound* 2005, 46 (4): 279-286.

Butler J, Colles C, Dyson S, Kold S, Poulos P. *Clinical radiology of the horse*. 3. p. 2008.

Colles C, Hickman J. The arterial supply of the navicular bone and its variations in navicular disease. *Equine Vet J* 1977, 9 (3): 150–154.

Cruz A, Pharr J, Bailey J, Barber S, Fretz P. Podotrochlear bursa endoscopy in the horse: A cadaver study. *Vet Surg* 2001, 30 (6): 539-545.

Dennis R. An introduction to veterinary CT and MR scanning. *Veterinary Annual* 1996, 16: 16-40.

Diesterbeck U, Hertsch B, Distl O. Genome-wide search for microsatellite markers associated with radiologic alterations in the navicular bone of Hanoverian warmblood horses. *Mamm Genome* 2007, 18 (5): 373-81.

Dik K, Broek J. Role of navicular bone shape in the pathogenesis of navicular disease: a radiological study. *Equine Vet J* 1995, 27 (5): 390-393.

Dik K, Belt A, Broek J. Relationships of age and shape of the navicular bone to the

development of navicular disease: a radiological study. *Equine Vet J* 2001, 33 (2): 172-175.

Dyce K, Sack W, Wensing C. Textbook of veterinary anatomy. 4. p. 2010.

Dyson S. Is degenerative change within hindlimb suspensory ligaments a prelude to all types of injury? *Equine Vet Educ* 2010, 22: 271–274.

Dyson S. Radiological interpretation of the navicular bone. *Equine Vet Educ* 2011, 23 (2): 73-87.

Dyson S, Murray R. Use of concurrent scintigraphic and magnetic resonance imaging evaluation to improve understanding of the pathogenesis of injury of the podotrochlear apparatus. *Equine Vet J* 2007a, 39 (4): 365-369.

Dyson S, Murray R. Verification of scintigraphic imaging for injury diagnosis in 264 horses with foot pain. *Equine Vet J* 2007b, 39 (4): 350-355.

Dyson S, Blunden T, Murray R. Comparison between magnetic resonance imaging and histological findings in the navicular bone of horses with foot pain. *Equine Vet J* 2012, 44 (6): 692-8.

Dyson S, Murray R, Blunden T, Schramme M. Current concepts of navicular disease. *Equine Vet Educ* 2006, 18 (1):45–56.

Dyson S, Pool R, Blunden T, Murray R. The distal sesamoidean impar ligament: Comparison between its appearance on magnetic resonance imaging and histology of the axial third of the ligament. *Equine Vet J* 2010, 42 (4): 332-339.

Fricker C, Riek W, Hugelshofer J. Occlusion of the digital arteries—A model for pathogenesis of navicular disease. *Equine Vet J* 1982, 14 (3): 203–207.

Fio L, Koblik P. Computed axial tomography (cat or ct scanning). *J Equine Vet Sci* 1995, 15 (12): 511-513.

Gibson K, McIlwraith C, Park R. A radiographic study of the distal interphalangeal joint and navicular bursa of the horse. *Vet Radiology* 1990, 31 (1): 22-25.

- Grewal J, McClure S, Booth L, Evans R, Caston S. Assessment of the ultrasonographic characteristics of the podotrochlear apparatus in clinically normal horses and horses with navicular syndrome. *J Am Vet Med Assoc* 2004, 225 (12): 1881-8.
- Hoskinson J. Equine nuclear scintigraphy: indications, uses, and techniques. *Vet Clin N AM-Equine* 2001, 17 (1): 63-74.
- Kidd J, Lu K, Frazer M. Atlas of equine ultrasonography. 1 .p. 2014.
- Kristoffersen M, Thoenes M. Ultrasonography of the navicular region in horses. *Equine Vet Educ* 2003; 15(3): 150-157.
- König H, Liebich H. Veterinary anatomy of domestic mammals. 4 . p. 2008.
- Lopes M, Diesterback U, Machado A, Distl O. Refinement of quantitative trait loci on equine chromosome 10 for radiological signs of navicular disease in Hanoverian warmblood horses. *Anim Genet* 2010, 41 (2): 36-40.
- Murray R, Schramme M, Dyson S, Branch M, Blunden T. Magnetic resonance imaging characteristics of the foot in horses with palmar foot pain and control horses. *Vet Radiol Ultrasound* 2006, 47(1): 1-16.
- Mäkelä O, Juhantalo L. Gammakuvaus eli skintigrafia hevosen ontumatutkimuksessa, osa I: perusteet. *Suom Eläinlääkäril* 1999, 105 (1): 7-12.
- Mäkelä O, Juhantalo L. Gammakuvaus eli skintigrafia hevosen ontumatutkimuksessa, osa II: Luu- ja lihasvaurioiden kuvantaminen. *Suom Eläinlääkäril* 2000, 106 (3): 150-156.
- Olive J, Videau M. Distal border synovial invaginations of the equine distal sesamoid bone communicate with the distal interphalangeal joint. *Vet Comp Orthopaed* 2017, 30 (2): 107-110.
- Parkes R, Newton R, Dyson S. Is there an association between clinical features, response to diagnostic analgesia and radiological findings in horses with a magnetic resonance imaging diagnosis of navicular disease or other injuries of the podotrochlear apparatus? *Vet J* 2015, 204 (1): 40-46.

Pool R, Meagher D, Stover S. Pathophysiology of navicular syndrome. Vet Clin N Am Equine Pract 1989: 109–129.

Poulos P. Current concepts in navicular disease: pathogenesis, diagnosis and treatment. Vet Radiology 1989.

Poulos P, Brown A. On navicular disease in the horse. A roentgenological and patho-anatomic study part 1 evaluation of the flexor central eminence. Vet Radiology 1989, 30 (2): 50-53.

Poulos P, Smith M. The nature of enlarged “vascular channels” in the navicular bone of the horse. Vet Radiology 1988, 29 (2): 60-64.

Poulos P, Brown A, Brown E, Gamboa L. On navicular disease in the horse. A roentgenological and patho-anatomic study part 2: osseous bodies associated with the impar ligament. Vet Radiology 1989, 30 (2): 54-58.

Ross M, Dyson S. Diagnosis and management of lameness in the horse. 2. p. 2010.

Ruohoniemi M, Tervahartiala P. Computed tomographic evaluation of finnhorse cadaver forefeet with radiographically problematic findings on the flexor aspect of the navicular bone. Vet Radiology 1999, 40 (3): 275-281.

Ruohoniemi M, Ryhänen V, Tulamo R. Radiographic appearance of the navicular bone and distal interphalangeal joint and their relationship with ossification of the collateral cartilages of the distal phalanx in finnhorse cadaver forefeet. Vet Radiol Ultrasound 1998, 39 (2): 125-132.

Sampson S, Schneider R, Gavin P, Ho C, Tucker R, Charles E. Magnetic resonance imaging findings in horses with recent onset navicular syndrome but without radiographic abnormalities. Vet Radiology Ultrasound 2009, 50 (4): 339-346.

Scandella M, Lazzaretti S, Zani D, Cassano M, Ravasio G, Gualtieri M. Tenoscopy of the navicular bursa: a new therapeutic approach for horses affected by "palmar pain syndrome." Endoscopic technique review and personal experiences. Vet Res Commun 2010, 34 (1): 125–129.

Thomson C, Kornegay J, Burn R, Drayer B, Hadley D, Levesque D, Gainsburg L, Lane S, Sharp N, Wheeler S. Magnetic resonance imaging- general overview of principles and examples in veterinary neurodiagnosis. *Vet Radiology Ultrasound* 1993, 34 (1): 2-17.

Trout D, Hornof W, O'Brien T. Soft tissue and bone phase scintigraphy for diagnosis of navicular disease in horses. *J Am Vet Med Assoc* 1991, 198 (1): 73-77.

Turner T. Use of navicular bursography in 97 horses. *Proc Am Assoc Equine Pract* 1998, 44: 227.

Waguespack W, Hanson R. Navicular syndrome in equine patients: anatomy, causes and diagnosis. *Vet Educ* 2010, 32 (12): E7.

Widmer W, Kenneth A, Buckwalter M, Fessler J, Hill M, Vansickle D, Ivancevich S. Use of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging for evaluation of navicular syndrome in the horse. *Veterinary Radiology Ultrasound* 2000, 41 (2): 108-116.

Wright I. Study of 118 cases of navicular disease: clinical features. *Equine Vet J* 1993a, 25 (6): 488-492.

Wright I. a study of 118 cases of navicular disease: radiological features. *Equine Vet J* 1993b, 25 (6):493-500.

Wright I, Kidd L, Thorp B. Gross, histological and histomorphometric features of the navicular bone and related structures in the horse. *Equine Vet J* 1998, 30:220-34.